

TESE DE DOUTORAMENTO

**RENTABILIDAD EXPOST DE LA
INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA EN LA
PRODUCCIÓN DE CAÑA DE
AZUCAR BAJO CONDICIONES DE
CULTIVO DE GUATEMALA(CASO
CENGICAÑA 1992-2017)**

Adlai Ademir Meneses Ojeda

ESCOLA DE DOUTORAMENTO INTERNACIONAL

PROGRAMA DE DOUTORAMENTO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS E MEDIOAMBIENTAIS

LUGO

2019



AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR / TUTOR DE LA TESIS
RENTABILIDAD EXPOST DE LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA EN LA
PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR BAJO CONDICIONES DE CULTIVO DE
GUATEMALA (Caso CENGICAÑA 1992-2017)

D. María Do Mar Pérez Fra, Dra., Catedrática de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) del Departamento de Economía Aplicada, Área de Economía, Sociología y Política Agraria

D. Ariel Ortiz López, Dr. Catedrático de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Área de Economía Agrícola

D. Mario Melgar Morales, Dr. Director General de CENGICAÑA

INFORMA/N:

Que la presente tesis, corresponde con el trabajo realizado por D. Adlai Ademir Meneses Ojeda, bajo mi dirección, y autorizo su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como director de ésta no incurre en las causas de abstención establecidas en Ley 40/2015.

En Lugo, 12, de julio de 2019.

Dra. María Do Mar Pérez Fra



Dr. Ariel Ortiz López



Dr. Mario Melgar Morales

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR / TUTOR DE LA TESIS

RENTABILIDAD EXPOST DE LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA EN LA
PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZUCAR BAJO CONDICIONES DE CULTIVO
DE GUATEMALA (Caso CENGICAÑA 1992-2017)

D./Dña. MARIA DO MAR PÉREZ FRA, Profesora Contratada Doctora del Departamento de
Economía Aplicada de la USC

INFORMA/N:

*Que la presente tesis, corresponde con el trabajo realizado por D. **Adlai Ademir Meneses Ojeda**, bajo
mi dirección, y autorizo su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el
Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como director de ésta no incurre en
las causas de abstención establecidas en Ley 40/2015.*

En Lugo, 19 de julio de 2019



Fdo MARIA DO MAR PÉREZ FRA

DECLARACIÓN DEL AUTOR DE LA TESIS
RENTABILIDAD EXPOST DE LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA EN LA
PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR BAJO CONDICIONES DE CULTIVO
DE GUATEMALA (Caso CENGICAÑA 1992-2017)

D. Adlai Ademir Meneses Ojeda

Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento adecuado al Reglamento, y declaro que:

- 1) *La tesis abarca los resultados de la elaboración de mi trabajo.*
- 2) *En su caso, en la tesis se hace referencia a las colaboraciones que tuvo este trabajo.*
- 3) *La tesis es la versión definitiva presentada para su defensa y coincide con la versión enviada en formato electrónico.*
- 4) *Confirmando que la tesis no incurre en ningún tipo de plagio de otros autores ni de trabajos presentados por mí para la obtención de otros títulos.*

En Lugo, 12 de julio de 2019.



Fdo. **Adlai Ademir Meneses Ojeda**



DEDICATORIA

A Dios por los dones y bendiciones que me da.

A mis padres Jesús Meneses y María Teresa Ojeda, por darme la vida y sus ejemplos para alcanzar esta meta.

A mi amada esposa María Isabel Agüero Umaña, luz de mi vida, quien en 41 años de matrimonio me ha apoyado e inspirado.

A mis hijos Blanca Dennis, Adlai Alexander, Edén Ademir y Roselynn Marisabel, por ser mi razón de vivir y el mayor orgullo de mi vida.

A mis nietos Blanca Sophia, Mia Isabella, Paulina Domenica, Nina Isabella, y Gabriel Alexander, angelitos que han inspirado y aumentado mi razón de vivir.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, a su Director Dr. Mario Melgar, Comité Técnico y Comité Técnico Agrícola, por el apoyo en la autorización y la provisión de los recursos necesarios para la ejecución del presente trabajo y por invertir en el desarrollo de innovaciones que apoyan la rentabilidad y sostenibilidad de la Agroindustria Azucarera.

A la Doctora María Do Mar Pérez Fra., Directora y tutora, por su orientación a la realización y mejora del presente trabajo, por sus valiosas sugerencias y por el aporte de su tiempo.

Al Doctor Mario Melgar Morales, por su apoyo incondicional para la culminación del presente trabajo y por su valiosa orientación y dedicación para la implementación de este Programa, pero sobre todo por su amistad.

Al Doctor Ariel Ortiz López, por su orientación y apoyo.

Al Doctor Agustín Merino, Coordinador del Programa de Doctorado en Agricultura y Medio Ambiente, por su apoyo, trabajo, orientación y sincera amistad.

A mis compañeros de este Programa Ovidio Pérez, Otto Castro, Fredy Rosales Longo y Héctor Orozco, por su amistad, ánimo y valiosas sugerencias.

A Mónica Galiego, por su gran apoyo en la elaboración de cuadros, figuras y edición.

A Dulce Castillo, por su apoyo en la elaboración de cuadros y figuras



**RENTABILIDAD EXPOST DE LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA EN LA PRODUCCIÓN
DE CAÑA DE AZÚCAR BAJO CONDICIONES DE CULTIVO DE GUATEMALA
(Caso CENGICAÑA 1992-2017)**

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la rentabilidad de las inversiones en la generación, validación y transferencia de tecnologías realizadas por CENGICAÑA en el periodo 1992 a 2017. Para el desarrollo de la investigación se usó el Método de Imputación Contable del Excedente Económico.

Se estimó que los costos promedio dentro del presupuesto de CENGICAÑA de 1992 a 2017, para las 5 áreas del estudio fueron; Variedades 50%, Manejo Integrado de Plagas MIP 7%, Fertilización 13%, Riegos 5% y Malezas y Madurantes 4%.

Las variedades y tecnologías generadas y validadas en las 5 áreas del estudio fueron seleccionadas conjuntamente con cada especialista de las áreas de investigación del Centro con los siguientes criterios, que cumplieran con los requisitos establecidos por el cliente; que estén siendo usadas en forma comercial y que se pudiera establecer sus indicadores de comportamiento en producción y financieros en relación a los testigos comerciales, ya sea en forma comercial y/o con los incrementos experimentales medios los cuales fueron reducidos de un 5 a 30%, para ajustarlos a los resultados comerciales (CIMMYT, 1988).

Se seleccionaron 12 variedades y 10 tecnologías; 2 en MIP, 4 en Fertilización, 2 en Riegos y 2 en Malezas y Madurantes, a las cuales se les determinó su techo de adopción en función de la (s) zona (s) de producción para la (s) cual (es) fue (ron) generada (s) y validada (s) y mes de uso recomendado. La adopción o uso de las variedades y tecnologías seleccionadas se determinó con la clasificación de las 5 categorías de adoptadores propuesta por Rogers y Shoemaker (1971). El 16 por ciento del techo de adopción (incluye innovadores y primeros adoptadores) en Variedades se alcanzó entre 1 y 4 años, en MIP de 1 a

2 años, en Fertilización de 1 a 2 años, en Riegos y Malezas y Madurantes en 4 años. Así mismo más del 60 % de del techo de adopción en Variedades se alcanzó para 8 variedades entre 3 a 7 años, en MIP en 5 años, en Fertilización entre 2 a 4 años, en Riegos de 7 a 8 años y en Malezas y Madurantes para una tecnología en 2 años.

Los indicadores financieros determinados fueron Valor Presente Neto (VAN); Tasa interna de retorno (TIR); y la Relación Beneficio Costo (B/C), los cuales fueron determinados con los valores de los costos y beneficios brutos de cada área con una tasa de actualización del 10 %, para lo cual se estructurará un flujo de caja o cash flow. Los indicadores financieros para Variedades fueron VAN de US\$ 164,489,260 relación B/C 3.59 y TIR de 18.14; en MIP el VAN fue de 38,868,105.7; relación B/C de 8.53 y TIR de 33.6; en Fertilización el VAN fue de 113,283,706; la relación B/C de 8.53 y TIR de 35.67; para Riegos el VAN fue de 35,957,592; la relación B/C de 7.73 y TIR de 27.25 y en Malezas y Madurantes el VAN fue de 15,375,117; la relación B/C de 6.15 y TIR de 45.55. El análisis de sensibilización realizado para la variable disminución del precio de la t de azúcar en los escenarios de US\$ -50, -100 y -150/t, demuestra que para el área más sensible el VAN disminuye un 56.66%, la relación B/C un 47.48% y la TIR un 49.51; para la variable incremento del costo de las áreas en los escenarios de incremento del 25, 50, 75 y 100%, en el área más sensible el VAN disminuye el 38.57%, la relación B/C un 50.06% y la TIR un 46.43%. Para las 2 variables de analizadas en 7 escenarios, estos indicadores en todos los casos demuestran ser rentables en la inversión en CENGICAÑA.

EXPOST PROFITABILITY OF AGRICULTURAL RESEARCH IN THE PRODUCTION OF SUGAR CANE UNDER GUATEMALA CULTIVATION CONDITIONS (Case CENGICAÑA 1992-2017)

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the profitability of the investments in the generation, validation and transfer of technologies carried out by CENGICAÑA in the period 1992 to 2017. For the development of the research the Accounting Method of Economic Surplus was used.

It was estimated that the average costs within the CENGICAÑA budget from 1992 to 2017, for the 5 areas of the study were; Varieties 50%, Integrated Pest Management IPM 7%, Fertilization 13%, Irrigation 5% and Weeds and Ripeners 4%.

The varieties and technologies generated and validated in the 5 areas of the study were selected together with each specialist from the research areas of the Center with the following criteria: that they meet the requirements established by the client; that they are being used commercially and that their production and financial performance indicators could be established in relation to commercial witnesses, either commercially and / or with the average experimental increments which were reduced from 5 to 30% , to adjust them to commercial results (CIMMYT, 1988).

Twelve varieties and 10 technologies were selected; 2 in MIP, 4 in Fertilization, 2 in Irrigation and 2 in Weeds and Ripeners, to which their adoption ceiling was determined according to the production zones for which they were generated and validated as well as the month of recommended use. The adoption or use of the selected varieties and technologies was determined with the classification of the 5 categories of adopters proposed by Rogers and Shoemaker (1971). The 16 percent of the adoption ceiling (includes innovators and first adopters) in Varieties was reached between 1 and 4 years, in MIP from 1 to 2 years, in Fertilization from 1 to 2 years, in Irrigation and Weeds and Ripeners

in 4 years . Likewise more than 60% of the ceiling of adoption in Varieties was reached for 8 varieties between 3 to 7 years, in MIP in 5 years, in Fertilization between 2 to 4 years, in Irrigation from 7 to 8 years and in Weeds and Ripeners for a technology in 2 years.

The financial indicators determined were Net Present Value (NPV); Internal Rate of Return (IRR); and the Benefit Cost ratio (B / C), which were determined with the values of the gross costs and benefits of each area with an update rate of 10%, for which a cash flow will be structured. The financial indicators for Varieties were NPV of US \$ 164,489,260; B / C ratio 3.59 and IRR of 18.14; in IPM, the NPV was 38,868,105.7; B / C ratio of 8.53 and IRR of 33.6; in Fertilization the NPV was 113,283,706; the B / C ratio of 8.53 and IRR of 35.67; for Irrigation the NPV was 35,957,592; the B / C ratio of 7.73 and IRR of 27.25 and in Weeds and Ripeners the NPV was of 15,375,117; the B / C ratio of 6.15 and IRR of 45.55. The sensitivity analysis carried out for the variable decrease in the price of sugar t in the scenarios of US \$ -50, -100 and -150 / t, shows that for the most sensitive area the NPV decreases by 56.66%, the B / C ratio a 47.48% and the IRR a 49.51%; for the variable increase of the cost of the areas in the scenarios of increase of 25, 50, 75 and 100%, in the most sensitive area the NPV decreases 38.57%, the B / C ratio 50.06% and the IRR 46.43% . For the 2 variables analyzed in 7 scenarios, these indicators in all cases prove to be profitable in the investment in CENGICANA.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 LA CAÑA DE AZÚCAR	2
1.1.1 El cultivo de la caña de azúcar en el mundo	4
1.1.2 El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala	9
1.2 CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	18
1.2.1 Organización y Planificación.....	18
1.2.2 Encaje de CENGICAÑA dentro del sistema de innovación de la caña de azúcar en Guatemala	23
1.2.3 Programas de CENGICAÑA.....	29
2. OBJETIVOS	32
2.1 OBJETIVO GENERAL	32
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
3. REVISIÓN DE LITERATURA	33
3.1 PROCESO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICO.....	33
3.2 Difusión y Adopción de Tecnologías	39
3.2.1 La capacidad de innovar y las categorías de adoptantes	43
3.2.1.1 Los innovadores: aventureros.....	44
3.2.1.2 Los primeros adoptantes: respetables.	44
3.2.1.3 La primera mayoría: deliberantes	45
3.2.1.4 Mayoría tardía: escépticos	45
3.2.1.5 Rezagados: tradicionales	46

3.2.2. Características de las innovaciones que influyen en la adopción ...	47
3.2.2.1. La ventaja relativa.....	47
3.2.2.2. La compatibilidad	48
3.2.2.3. La complejidad	48
3.2.2.4. La experimentabilidad.....	49
3.2.2.5. La observabilidad	49
3.3. LOS COSTOS Y PRORRATEO	51
3.4. ZONAS DE PRODUCCIÓN	51
3.4.1 Zonificación agroecológica.....	52
3.4.2. Zonas de producción	53
3.5. EL MERCADO DEL AZÚCAR	55
3.6. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.....	58
3.6.1. Métodos de análisis del impacto financiero de la investigación.	60
3.6.1.1. El método de imputación contable del excedente económico	61
3.6.1.2. Métodos econométricos	65
3.6.1.3. Métodos por puntuación	66
3.6.2. Asignación de beneficios a la investigación y transferencia de tecnología	67
3.6.3. Tasa de descuento	69
3.6.4. Indicadores Financieros.....	70
3.6.4.1. Tasa Interna de Retorno (TIR)	70
3.6.4.2. Valor Actual Neto	73
3.6.4.3. Relación Beneficio Costo.....	74

3.6.4.4. Análisis de sensibilidad	75
4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	77
4.1 . DETERMINAR LOS COSTOS DE INVERSIÓN POR ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y PROYECTOS DESARROLLADO EN VARIEDADES, MIP, FERTILIZACIÓN, RIEGOS, Y MALEZAS Y MADURANTES	77
4.2 DEFINICIÓN DE VARIEDADES Y TECNOLOGÍAS DESARROLLADAS POR ÁREAS Y PROYECTOS CON SUS RESULTADOS AGRONÓMICOS Y FINANCIEROS.....	79
4.3 . DETERMINAR LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN PARA LAS CUALES LAS VARIEDADES Y TECNOLOGÍAS SON APROPIADAS Y RECOMENDADAS, PARA CALCULAR EL TECHO DE ADOPCIÓN Y LA TASA Y RITMO DE ADOPCIÓN	84
4.3.1 Zonas de producción y techos de adopción	85
4.3.1.1 . Variedades.....	85
4.3.1.2 Manejo Integrado de Plagas.....	86
4.3.1.3 . Fertilización	87
4.3.1.4 . Riegos.....	88
4.3.1.5 . Malezas y Madurantes	88
4.3.2 Tasa y ritmo de adopción	89
4.4 ANÁLISIS FINANCIERO DE LA INFORMACIÓN	90
4.4.1 Método de imputación contable del excedente económico...	91
4.4.2Costos de cada área en el periodo de estudio	92
4.4.3Precios del azúcar en el periodo 1992 a 2017	92
4.4.4. Ingresos brutos por variedad o tecnología.....	93
4.4.4.1. Variedades	94

4.4.4.2. Manejo Integrado de Plagas.....	95
4.4.4.3. Fertilización.....	95
4.4.4.4 Riegos	96
4.4.4.5 . Malezas y madurantes.....	96
4.4.5 . Asignación de beneficios a la investigación y Transferencia de tecnología	97
4.4.6 Anualización de los costos e ingresos	98
4.4.6.1 . Tasa de descuento	98
4.4.7 Indicadores financieros	99
4.4.7.1 Tasa Interna de Retorno.....	99
4.4.7.2 . Relación Beneficio costo.....	99
4.4.7.3 Valor Actual Neto	100
4.4.8 Análisis de sensibilidad	101
5 . RESULTADOS Y DISCUSIÓN	103
5.1 COSTOS DE INVERSIÓN POR ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y PROYECTOS DESARROLLADOS.....	103
5.2 DEFINICIÓN DE VARIEDADES Y TECNOLOGÍAS DESARROLLADAS POR ÁREA Y PROYECTOS, CON SUS RESULTADOS AGRONÓMICOS Y FINANCIEROS	116
5.2.1 . Variedades:	116
5.2.1.1 Zafra 2003/2004	116
5.2.1.2 . Zafra 2010/2011	119
5.2.1.3 . Zafra 2011/2012	120
5.2.1.4 . Zafra 2012/2013	122

5.2.1.5 Zafra 2015/2016	123
5.2.2 Manejo Integrado de Plagas	124
5.2.3 Fertilización	126
5.2.4 Riegos	128
5.2.5 . Malezas y Madurantes	129
5.3 DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN PARA LAS CUALES LAS VARIEDADES Y TECNOLOGÍAS SON APROPIADAS Y RECOMENDADAS, PARA CALCULAR EL TECHO Y TASA DE ADOPCIÓN	129
5.3.1 Variedades	130
5.3.2 Manejo Integrado de Plagas	148
5.3.3 Fertilización.....	152
5.3.4 Riegos	158
5.3.5 Malezas y Madurantes	162
5.4 PRECIOS DEL AZÚCAR EN EL PERIODO 1992 A 2017	166
5.5 ANÁLISIS FINANCIERO DE LA INFORMACIÓN.....	169
5.5.1 Variedades.....	169
5.5.2 Manejo Integrado de Plagas	174
5.5.3 Fertilización	177
5.5.4 Riegos	181
5.5.5 Malezas y Madurantes	184
5.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	187
6 CONCLUSIONES	196
7 BIBLIOGRAFIA	200
ANEXOS	213

Anexo 1 Proceso de Desarrollo y Transferencia De Tecnología En Variedades	213
Anexo 2. Requisitos establecidos por el cliente para variedades y las tecnologías en Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y madurantes.....	216
Anexo 3: Promedio de productividad y resistencia a enfermedades de las variedades CG y variedades testigos	230
Anexo 4. Beneficios por áreas de estudio.....	235



Índice de Figuras

No. de Figura	Descripción	Página
Figura 1.1	Consumo mundial del azúcar, periodo 2013/14 – 2017/18 (Millones de toneladas, equivalente valor crudo)	5
Figura 1.2	Demanda de azúcar per cápita en los principales países y regiones	5
Figura 1.3	Producción mundial de azúcar, periodo 2013/14 – 2017/18 (Millones de toneladas, equivalente valor crudo)	6
Figura 1.4	Principales países productores de azúcar, periodo 2016/17 y 2017/18 (Millones de toneladas, equivalente Valor crudo)	6
Figura 1.5	Comparación de Consumo y Producción Mundial del Azúcar 2013/14 – 2017/18	7
Figura 1.6	Consumo mundial de azúcar por país 2017.	8
Figura 1.7	Exportaciones mundiales de azúcar, periodo 2014-05 – 2015/16 (Millones de toneladas, equivalente valor crudo)	9
Figura 1.8	Principales países exportadores e importadores de azúcar, 2016/17 (Millones de toneladas, equivalente valor crudo)	9
Figura 1.9	Incremento relativo promedio de la caña de azúcar, remolacha azucarera, soya, maíz y canola, en el periodo 1961 a 2011. (Promedios mundiales de rendimiento, faostat.fao.org)	13
Figura 1.10	Producción de azúcar en Guatemala, área cosechada y precios del azúcar en el Contrato No. 11, de 1959/60 a 2017/2018	15
Figura 1.11	Organigrama del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar	20
Figura 1.12	Sistema de innovación de la caña de azúcar en Guatemala	24

Figura 1.13	Eventos de capacitación coordinados por CENGICANA, de 1993 a 2018.	25
Figura 1.14	Publicaciones elaboradas por CENGICANA, la mayoría se encuentran disponibles en www.cengicana.org	25
Figura 1.15	Actores de la red tecnológica del sistema de gestión de tecnología	26
Figura 3.1	Proceso de Innovación Tecnológico.	36
Figura 3.2	Flujo de costos y beneficios en la investigación en I+D	40
Figura 3.3	Comparación de productividad de TCH en las zonas de producción de la AIA de Guatemala, zafas 2015/2016 y 2016/2017	47
Figura 3.4	Comparación de productividad de TAH en las zonas de producción de la AIA de Guatemala, zafas 2015/2016 y 2016/2017	54
Figura 3.5	Precio del azúcar en el periodo 1992 a 2017, Contrato No. 11	55
Figura 3.6	Excedente económico generado por la adopción de innovaciones tecnológicas.	56
Figura 3.7	Excedente generado por innovaciones que aumentan la producción.	62
Figura 3.8	Excedente generado por innovaciones que reducen costos de producción.	63
Figura 4.1	Zonas de producción de la agroindustria azucarera de Guatemala.	85
Figura 4.2	Proceso de adopción de innovaciones, con las cinco categorías definidas por Rogers (1971)	90
Figura 5.1	Muestras analizadas por área. Laboratorio Agronómico, 2014	110
Figura 5.2	Densidad del total de insectos/tallo (ninfas y adultos), según el tratamiento y la época. Finca La Libertad, Palo Gordo-CENGICANA, 2010	126

Figura 5.3	Evolución de la respuesta de la variedad CP72-2086 a las aplicaciones de N en diferentes dosis y la dosis óptima económica de N estimada (DOEN) en cuatro años consecutivos en un suelo Mollisol con contenido bajo de MO del suelo (1.8 %)	127
Figura 5.4	Diferencia en TAH de lotes aplicados con fósforo y potasio y testigos con respecto a su producción del año anterior	128
Figura 5.5	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG98-10 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2008/2009 a 2013/2014.	135
Figura 5.6	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG98-78 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2009/2010 a 2016/2017.	137
Figura 5.7	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG98-46 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2010/2011 a 2016/2017.	138
Figura 5.8	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG00-033 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2008/2009 a 2011/2012	139
Figura 5.9	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG00-102 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2012/2013 a 2016/2017.	140

Figura 5.10	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG02-163 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2014/2015 a 2016/2017.	141
Figura 5.11	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CP88-1165 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2001/2002 a 2016-2017.	142
Figura 5.12	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CP73-1547 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2001/2002 a 2016-2017.	143
Figura 5.13	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad RB73-2577 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2009/2010 a 2016/2017.	144
Figura 5.14	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad RB84-5210 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2010/2011 a 2016/2017.	145
Figura 5.15	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad SP71-6161 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2010/2011 a 2016/2017.	146
Figura 5.16	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad SP79-1287 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2008/2009 a 2016/2017.	147

Figura 5.17	Rendimiento relativo mensual de TAH, zafras 2004-05 a 2015-2016	148
Figura 5.18	Rendimiento relativo mensual de TCH, zafras 2004-05 a 2015-2016	148
Figura 5.19	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología control de roedores y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2003 a 2016	150
Figura 5.20	Porcentaje de tallos dañados en cosecha (%i), CAÑAMIP 2017	151
Figura 5.21	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología control de chinche salivosa y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2009 a 2016	152
Figura 5.22	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología nitrógeno en plantía y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 1997 a 2016.	154
Figura 5.23	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología fósforo en plantía y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 1997 a 2016	155
Figura 5.24	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología fósforo en soca y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2004 a 2016	157
Figura 5.25	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología potasio en plantía y soca, y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2006 a 2016	158

Figura 5.26	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología riego precorte y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2006 a 2016	160
Figura 5.27	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología recomendación de riego y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2006 a 2016	161
Figura 5.28	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología madurante y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 1997 a 2016	164
Figura 5.29	Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología premadurante y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2012 a 2016.	165
Figura 5.30	Gráfico del precio del azúcar en el periodo 1992 a 2017, Contrato 11.	167
Figura 5.31	Comparación de productividad en TAH, TCH y precio de azúcar.	169
Figura 5.32	Indicadores financieros para Variedades CG e Introducidas. Período 1992 a 2017	174
Figura 5.33	Indicadores financieros de Manejo Integrado de Plagas. Período 1992 a 2017	177
Figura 5.34	Indicadores financieros de Fertilización. Período 1993 a 2017	181
Figura 5.35	Indicadores financieros del área de Riegos. Período 1993 a 2017	184
Figura 5.36	Indicadores financieros para Malezas y Madurantes. Período 1993 a 2017.	187
Figura 5.37	Disminución en porcentajes del Valor Actual Neto VAN al disminuir el precio de la	190

tonelada de azúcar en el Contrato No. 11, para las cinco áreas del estudio.

Figura 5.38	Disminución en porcentajes de la relación Beneficio Costo B/C al disminuir el precio de la tonelada de azúcar en el Contrato No. 11, para las cinco áreas del estudio.	191
Figura 5.39	Disminución en porcentajes de la Tasa Interna de Retorno TIR al disminuir el precio de la tonelada de azúcar en el Contrato No. 11, para las cinco áreas del estudio.	192
Figura 5.40	Disminución en porcentajes del Valor Actual Neto VAN al incrementar costo por área, para las cinco áreas del estudio.	193
Figura 5.41	Disminución en porcentajes de la relación Beneficio Costo B/C al incrementar el costo por área, para las cinco áreas del estudio.	194
Figura 5.42	Disminución en porcentajes de la Tasa Interna de Retorno TIR al incrementar el costo por área, para las cinco áreas del estudio.	195

Índice de Cuadros

No. de Cuadro	Descripción	Página
Cuadro 1.1	Principales Factores De Desarrollo De La Agroindustria Azucarera De Guatemala	12
Cuadro 1.2	Comparación de Productividad TCH en 6 quinquenios, Agroindustria Azucarera de Guatemala.	14
Cuadro 1.3	Incremento en productividad de TAH de 1992 a 2015, de algunos de los principales países productores de azúcar de caña	15
Cuadro 1.4	Valor (FOB) de las exportaciones de los principales productos de exportación de Guatemala período 2011-2016, Millones de US Dólares.	16
Cuadro 1.5	Exportaciones de Guatemala por Inciso Arancelario. Cifra en dólares.	17
Cuadro 1.6	Participación de Caña de Azúcar y azúcar en el Producto Interno Bruto de los últimos 10 años	18
Cuadro 1.7	Programas y proyectos de investigación de CENGICANA	22
Cuadro 1.8	Priorización de actividades desarrolladas por personal técnico del área de campo, dentro de los ingenios, en apoyo al uso y transferencia de tecnología	28
Cuadro 1.9	Características de los trabajos del Centro en las diferentes etapas del desarrollo tecnológico	28

Cuadro 4.1	Lista de Requisitos del Cliente, de los procesos de Variedades, Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes	80
Cuadro 4.2	Zona de producción y área en hectáreas, área administrada, zafra 2016-17	84
Cuadro 4.3	Zona de producción, época de cosecha recomendada y techo de adopción de las variedades liberadas.	86
Cuadro 4.4	Asignación de porcentaje del beneficio bruto, como beneficio neto por la generación y transferencia de las variedades y tecnologías.	98
Cuadro 5.1	Ejecución presupuestaría por renglón en el 2014. CENGICAÑA	104
Cuadro 5.2	Personal profesional de CENGICAÑA, periodo 1992 a 2018	106
Cuadro 5.3	Prioridad de procesos de CENGICAÑA de 1996 a 2005, nivel de importancia de 2006 a 2014 y recursos asignados en porcentaje por proceso, promedio 2000 a 2015.	107
Cuadro 5.4	Contribución de las variedades y tecnologías al incremento de la producción en caña de azúcar en porcentaje	109
Cuadro 5.5	Presupuesto asignado por CENGICAÑA a las áreas de Variedades, Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes en porcentaje de 1992 a 2017.	112
Cuadro 5.6	Costos total y anualizados de la cinco áreas del estudio, el total de CENGICAÑA y la sumatoria de las cinco áreas 1992 a 2017	114

Cuadro 5.7	Variedades CG CENGICAÑA Guatemala e introducidas liberadas con sus características agronómicas y financieras, en comparación con los testigos.	118
Cuadro 5.8	Valores promedio del peso verde de caña (TCH), rendimiento de azúcar (kg/t), daño foliar y otras características observadas para los tratamientos evaluados. Finca La Libertad. Palo Gordo-CENGICAÑA	125
Cuadro 5.9	Variedades seleccionadas para el análisis, con su techo de adopción en hectáreas, época recomendada y zona de producción.	130
Cuadro 5.10	Variedades CG CENGICAÑA Guatemala, con techo de adopción área adoptada por año y porcentaje de adopción.	131
Cuadro 5.11	Variedades Introducidas, con techo de adopción área adoptada por año y porcentaje de adopción	133
Cuadro 5.12	Tecnologías seleccionadas de Manejo Integrado de Plagas con su techo de adopción, área adoptada y porcentaje de adopción por año.	149
Cuadro 5.13	Tecnologías seleccionadas de Fertilización con su techo de adopción, área adoptada y porcentaje de adopción por año.	153
Cuadro 5.14	Tecnologías seleccionadas en Riegos, con su techo de adopción, área adoptada y porcentaje de adopción por año	158
Cuadro 5.15	Tecnologías seleccionadas de Malezas y Madurantes con su techo de adopción, área adoptada y porcentaje de adopción por año	162

Cuadro 5.16	Precios del azúcar en el mercado internacional, contrato 11.	166
Cuadro 5.17	Números índices de las variables TCH, TAH y Precio del Azúcar.	168
Cuadro 5.18	Indicadores financieros del desarrollo de Variedades. Años 1992 a 2017.	173
Cuadro 5.19	Indicadores financieros del área de Manejo Integrado de Plagas en el periodo 1992 a 2017.	176
Cuadro 5.20	Indicadores financieros del área de Fertilización en el periodo 1992 a 2017.	180
Cuadro 5.21	Indicadores financieros del área de Riegos en el periodo 1992 a 2017	183
Cuadro 5.22	Indicadores financieros del área de Malezas y Madurantes en el período 1992 a 2017	186
Cuadro 5.23	Resultados de la disminución de los indicadores financieros VAN, B/C y TIR al disminuir el precio de la tonelada de azúcar y aumentar el costo por área, en valores totales y porcentaje.	188



1. INTRODUCCIÓN

Esta tesis pretende evaluar la rentabilidad de la investigación agrícola en la producción de caña de azúcar bajo condiciones de cultivo de Guatemala a partir de la revisión de las innovaciones tecnológicas desarrolladas por CENGICANA.

CENGICANA es el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Se trata de un Instituto de investigación creado por la Asociación de Azucareros de Guatemala, ASAZGUA, en 1992 para apoyar al avance tecnológico de la Agroindustria Azucarera, con el objetivo de mejorar la producción y la productividad del cultivo de la caña de azúcar y sus derivados. De acuerdo con su página web su misión es “Ser la organización de la Agroindustria Azucarera responsable de generar, adaptar y transferir tecnología de calidad para su desarrollo rentable y sostenible” (<https://www.cengicana.org>).

La evolución experimentada en Guatemala tanto por la industria azucarera como por la producción de azúcar desde la zafra¹ 1992/1993 es muy positiva, lo que parece avalar el trabajo realizado en este Centro. Así, el crecimiento en el período 1992/1993-2016/2017 de la Agroindustria Azucarera Guatemalteca; según Meneses y Melgar (2017) en área fue de 95 por ciento (de 135,000 a 263,002 hectáreas), mientras que en producción de azúcar de 156 por ciento (de 1, 061,699 a 2, 719,231 toneladas métricas de azúcar). La productividad en toneladas de azúcar por hectárea año (TAHA) se incrementó de 7.86 TAHA en 1992/1993 a 10.63 en la zafra 2016/2017, lo que representa un 35 por ciento de incremento en azúcar por área en ese periodo (Meneses y Melgar, 2017).

¹ Período en que se cosecha y se procesa la caña de azúcar

El trabajo de investigación realizado por CENGICANÑA articula en torno a tres grandes enfoques de trabajo;

1. Desarrollo de variedades que contribuyan al incremento de productividad de azúcar, y con resistencia adecuada a las principales enfermedades
2. Plagas con un enfoque en Manejo Integrado de Plagas (MIP), minimizando el uso de agroquímicos en su control y
3. Fertilización, Riegos y control de Malezas y Madurantes, con el objetivo del uso óptimo de estos insumos. Todo lo anterior contribuye a que el desarrollo de la Agroindustria Azucarera de Guatemala sea sostenible.

Todas las variedades y tecnologías desarrolladas antes de ser liberadas son sometidas a un análisis de Presupuesto Parcial (CIMMYT, 1988); que indica si el uso de la nueva tecnología producto de la experimentación es viable financieramente.

El esquema de trabajo antes descrito se corresponde con un sistema en el que la planificación, el desarrollo y la validación de variedades y tecnologías se realizan en contacto directo con el productor de azúcar, lo que de acuerdo al modelo establecido por McDermont (1989), propicia que la tasa y ritmo de adopción se aceleren.

1.1 LA CAÑA DE AZÚCAR

Es una planta que pertenece a la familia de las gramíneas (Poacea), cuyo origen se encuentra en el sureste tropical de Asia. Los botánicos E. Artschwager y E. W. Brandes ubican su domesticación en el Archipiélago Indo-Malayo, en Nueva Guinea, de donde se propagó a Oceanía en tres oleadas: hacia el 8,000 a. C. a las Islas Salomón, Nuevas Hébridas y Nueva Caledonia; en el 6,000 a.C. a Indonesia, Filipinas y norte de India; y entre el 600 y 1,100 d.C. a Fiji, Tonga, Samoa, Islas Cook, Marquesas, Islas de la Sociedad, de Pascua y Hawái (Wagner, 2007; James, 2004, Molina, 2016). Su llegada a España está datada en el año 755 después de Cristo (James, 2004). La caña de azúcar es una planta herbácea de gran tamaño que se cultiva en los países tropicales y

subtropicales. Es un híbrido complejo derivadas principalmente del género *Saccharum*. Con base en la taxonomía convencional, el género *Saccharum* incluye seis especies, *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. officinarum*, *S. barberi*, *S. sinensis* y *S. edule* (Molina, 2016).

La caña de azúcar se propaga vegetativamente sembrando trozos de sus tallos. La nueva planta o retoño crece a partir de los cogollos o yemas de los nudos del tallo, asegurando así una descendencia uniforme. A nivel mundial en el proceso de reproducción de la caña se desarrollan y ensayan continuamente nuevas variedades en búsqueda de nuevas y mejores plantas. Este procedimiento se ha constituido en un factor fundamental para el mejoramiento de la productividad en la industria de la caña de azúcar (Rein, 2012).

La productividad de la caña varía de forma importante de un área a otra, dependiendo de la variedad, los factores climáticos, la disponibilidad de agua, las prácticas del cultivo y la duración del periodo de crecimiento. El ciclo del cultivo varía entre 8 meses a 2 años, en Guatemala el ciclo promedio es entre 11.5 a 11.8 meses (CENGICANA, 2017a). La productividad de caña por hectárea puede estar entre 50 t/ha en condiciones desfavorables a 160 t/ha en condiciones favorables. Por último, la productividad de azúcar por hectárea varía de 5 a 25 t/ha (Rein, 2012).

La técnica de cultivo más habitualmente empleada no requiere de siembra anual, sino que se deja crecer de nuevo para producir la siguiente cosecha, denominada soca o rebrote. La productividad de caña por ha se reduce después de varias socas, llegando a un punto que se debe arar y sembrar nuevamente (varía de 4 a 6 cosechas), lo que se conoce como renovación del cañaveral. Generalmente la caña de azúcar se cosecha durante cierto periodo del año, llamado zafra y su duración es determinado por condiciones meteorológicas, principalmente la lluvia. En algunos países como Colombia, Perú y Hawái, la caña puede ser procesada durante todo el año (Rein, 2012).

El principal objetivo de procesar la caña de azúcar es recobrar el azúcar, que en su estado puro se conoce con el nombre químico de sacarosa, formada a partir de la combinación de dos azúcares la glucosa

y fructosa. La mayoría de azúcar se encuentra contenida en tallos de caña madura. La composición promedio de un tallo de caña de azúcar, es 15 por ciento de Brix (sólidos solubles); 14 por ciento de fibra y 71 por ciento de agua. Dentro del Brix, el 86.6 por ciento es sacarosa (Rein, 2012)

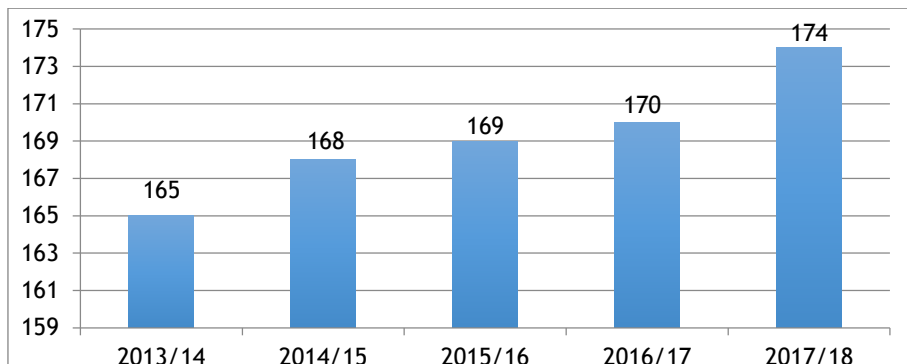
1.1.1 El cultivo de la caña de azúcar en el mundo

La caña de azúcar está distribuida en el mundo entre las latitudes 36.7 N y 31 S, respecto al Ecuador (James, 2004). En 2016 se cultivó en 101 países, en 28,449,547 hectáreas (ha) (284,450 km cuadrados). Los tres países con más área cultivada son Brasil con 10,226,205 ha, India con 4,950,000 ha, y China 1,675,215 ha (FAOSTAT, 2018).

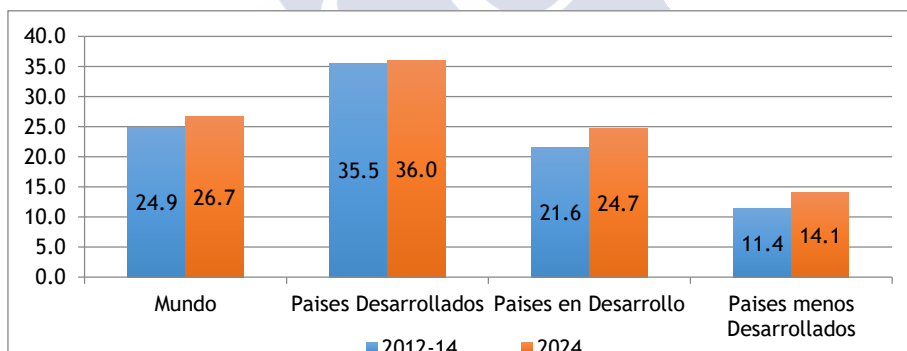
En la Figura 1.1 se observa que el consumo mundial de azúcar entre el periodo 2013/14 a 2017/18, va de 165,000,000 a 174,000,000 t, con incrementos cada año. En los cinco años analizados el incremento fue de 9,000,000 de t de azúcar. Este crecimiento anual en parte es debido al incremento de consumo de azúcar por persona (USDA, 2018). Según OCDE/FAO (2017) en la Figura 1.2 indican que la proyección de consumo per cápita mundial va de 24.9 kg por año en 2012-2014 a 26.7 kg por año en 2024 (7.22 por ciento de incremento). Este consumo per cápita varía el 211.4 por ciento cuando lo comparamos entre los países desarrollados con un consumo de 35.5 kg per cápita para 2012-14 y los países menos desarrollados con 11.4 kg per cápita de azúcar al año. Para 2024 las proyecciones reducen esta brecha a 155.32 por ciento ya que indica que el consumo per cápita en los países desarrollados será de 36 kg (incremento del 1.4 por ciento en relación a 2012-2014) y en los países menos desarrollados de 14.1 kg per cápita (incremento de 24 por ciento en relación a 2012-2014). En los países en desarrollo el consumo per cápita en 2012-2014 es de 21.4 kg, y para 2024 la proyección es de 24.7 kg (incremento de 14 por ciento).

El azúcar que se consume en el mundo viene de la caña de azúcar y la remolacha, en la Figura 1.3 se presenta el aporte a la producción mundial de estos dos cultivos en el periodo 2013/14 a 2017/18. De caña

de azúcar se produce la mayoría de azúcar, desde el 81.8 por ciento en 2013/14 al 81.7 por ciento en 2017/18

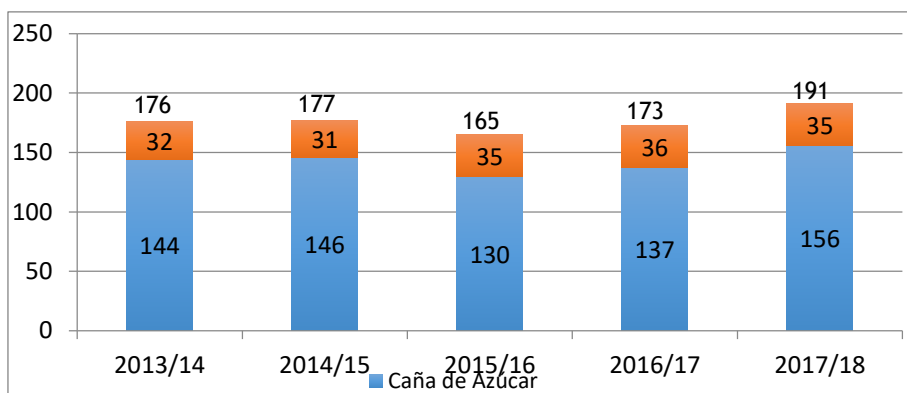


Fuente: USDA Sugar, World Markets and Trade. Nov 2018
 Figura 1.1. Consumo mundial del azúcar, periodo 2013/14 -2017/18
 (Millones de toneladas, equivalente valor crudo)



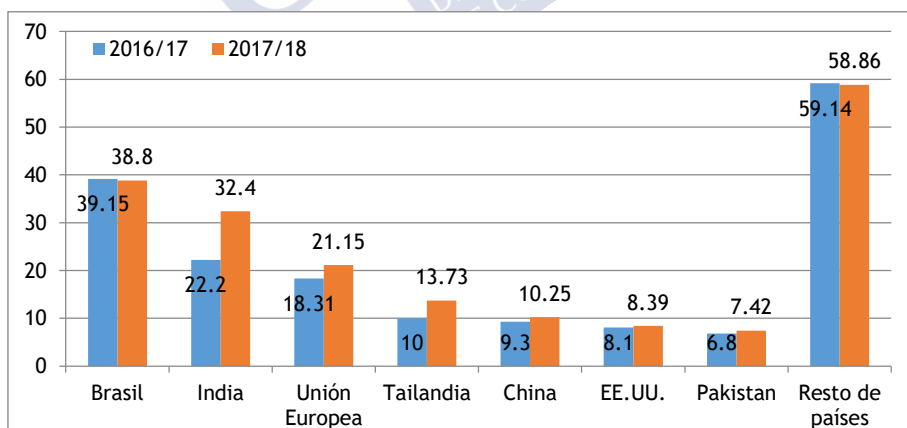
Fuente: OCDE/FAO (2017), “OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas”, Estadísticas de la OCDE sobre agricultura

Figura 1.2. Demanda y proyección del consumo de azúcar per cápita en los principales países y regiones



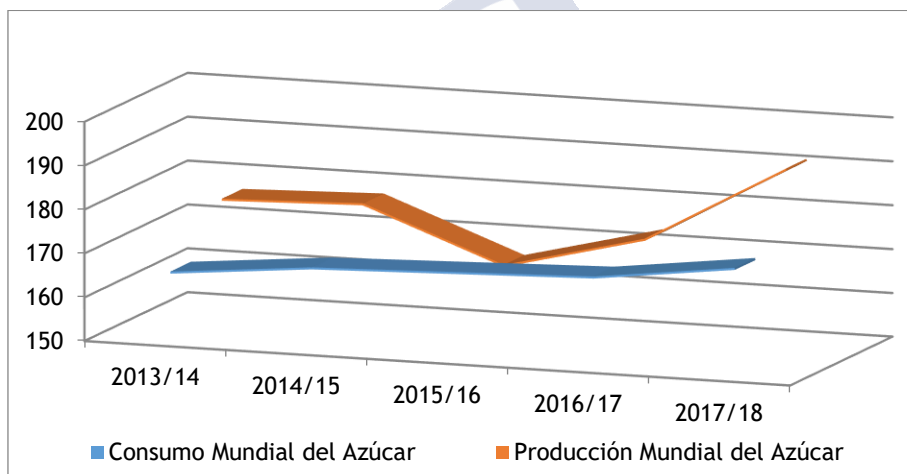
Fuente: USDA, Sugar World Markets and Trade. Nov 2018
 Figura 1.3. Producción mundial de azúcar, periodo 2013/14 - 2017/18
 (Millones de toneladas, equivalente valor crudo)

En la Figura 1.4 se presenta los 7 países que producen más azúcar en el mundo en 2016/17 y 2017/18, que son Brasil, India, Unión Europea, Tailandia, China, Estados Unidos y Pakistán. En el 2016/17 éstos produjeron 113,860,000 t de azúcar, que representó el 66 por ciento del azúcar producida ese año, mientras que en el 2017/18 produjeron el 69.2 por ciento del azúcar total.



Fuente: USDA Sugar, World Markets and Trade. Nov 2018
 Figura 1.4. Principales países productores de azúcar, en 2016/17 y 2017/18
 (Millones de toneladas, equivalente Valor crudo)

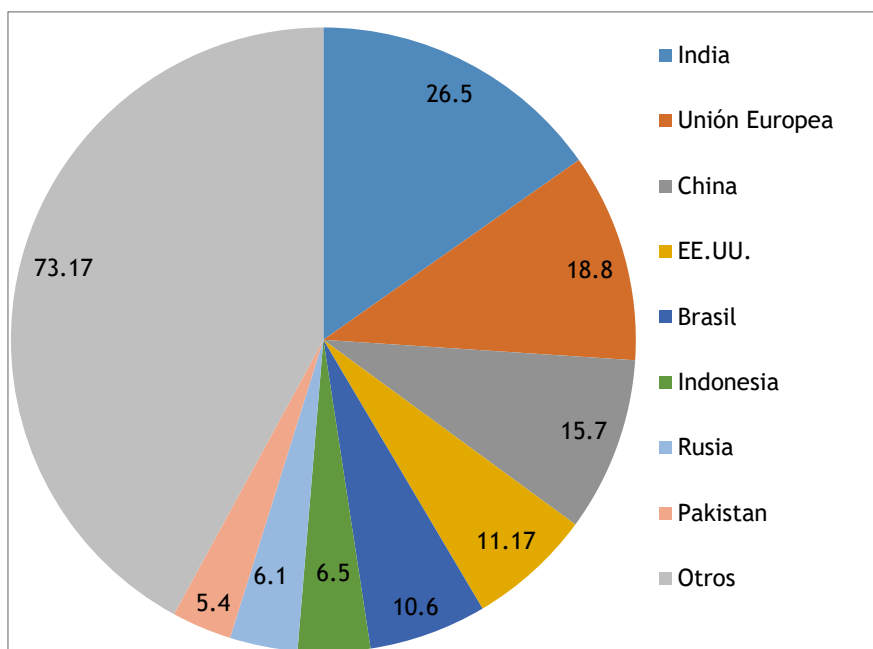
En la Figura 1.5 se presenta el consumo y la producción del azúcar a nivel mundial de 2013/14 a 2017/18, en el caso del consumo su tendencia es de crecimiento constante, en promedio de 1,800,000 t por año para el periodo analizado. La producción sin embargo presenta un comportamiento cíclico, encadenando periodos de crecimiento con periodos de disminución en la producción. Es importante hacer notar que este comportamiento en la producción del azúcar tiene una relación inversa con el precio de azúcar en el Contrato No. 11. Así los precios más altos se alcanzaron en el 2015 con precios por t de azúcar de US\$ 387.48. La relación inversa entre precio del azúcar y la producción mundial es altamente significativa $p < 0.0001$, con un coeficiente de correlación r de -0.84 .



Fuente: USDA Sugar, World Markets and Trade. Nov 2018

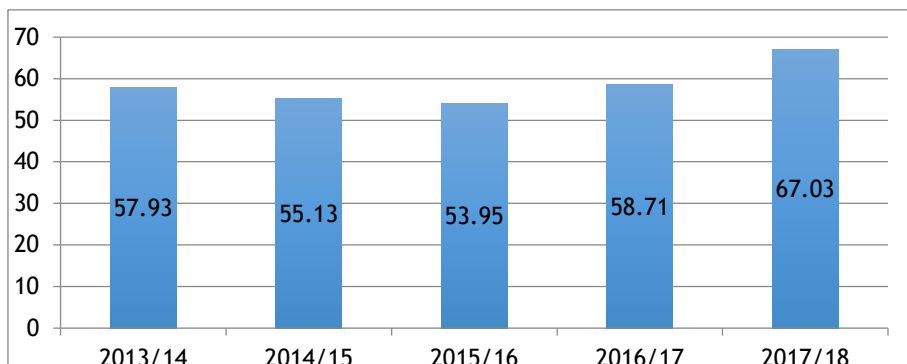
Figura 1.5. Comparación de Consumo y Producción Mundial del Azúcar 2013/14 – 2017/18

Los países que consumen la mayor cantidad de azúcar en el mundo son India, Unión Europea, China, Estados Unidos, Brasil, Indonesia, Rusia y Pakistán, entre ellos en el 2017 consumieron el 57.9 por ciento del azúcar a nivel mundial, ver Figura 1.6.



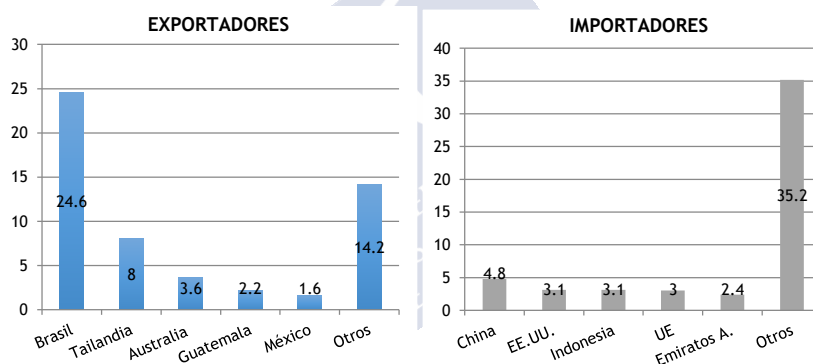
Fuente: USDA Sugar, World Markets and Trade. Nov 2018
Figura 1.6. Consumo mundial de azúcar por país 2017.

Las exportaciones de azúcar a nivel mundial representan entre el 31 al 35 por ciento de la producción entre 2013/14 a 2017/18, ver Figura 1.7. De acuerdo a la Figura 1.8 en el 2017/18 los principales exportadores fueron Brasil, Tailandia, Australia, Guatemala y México que exportaron el 73.8 por ciento del total del azúcar en ese año. Los principales importadores fueron China, Estados Unidos, Indonesia, Unión Europea y Emiratos Árabes que entre ellos importaron el 31.78 por ciento del azúcar en el 2017/18, ver Figura 1.8.



Fuente: USDA Sugar, World Markets and Trade. Nov 2018

Figura 1.7. Exportaciones mundiales de azúcar, periodo 2014-05 - 2015/16 (Millones de toneladas, equivalente valor crudo)



Fuente: USDA Sugar, World Markets and Trade. Nov 2018

Figura 1.8. Principales países exportadores e importadores de azúcar, 2016/17 (Millones de toneladas, equivalente valor crudo)

1.1.2 El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala

La caña de azúcar fue introducida en América en 1493, en la Española, hoy Haití y República Dominicana por Cristóbal Colon en su segundo viaje a América, en 1515 fue trasladada de Haití a Puerto Rico y en 1520 a México (James, 2004).

La caña de azúcar comenzó a cultivarse en Guatemala en 1536 en Amatlán. Los primeros trapiches (molinos) se fundaron en el valle

central de Guatemala y en el valle de Salamá, Baja Verapaz. En el siglo XVII creció el número de trapiches, estando los más importantes en manos de las órdenes religiosas (Melgar, 2012). A partir de esta fecha el continuo crecimiento en el consumo y producción de aguardiente y panela favorecieron el crecimiento de trapiches en todas las regiones de clima cálido de todo el país (Wagner, 2007).

Los primeros análisis financieros a las haciendas azucareras indican que estas unidades de producción en manos de los religiosos no siempre fueron rentables, ya que los frailes no siempre fueron los mejores administradores de ingenios y prefirieron dar la mayor parte en arrendamiento (Wagner, 2007).

El año 1957 es una fecha importante en la historia de la producción azucarera de Guatemala ya que en esa fecha se creó la Asociación Nacional de Azucareros de Guatemala, ASAZGUA, que constituye la primera organización empresarial de la agroindustria azucarera de Guatemala y que continúa funcionando a día de hoy. En 1960 Guatemala recibió su primera cuota de exportación a Estados Unidos, en ese año la producción fue de 65,163 toneladas métricas de azúcar (Melgar, 2012, Meneses y Melgar, 2017). Para la historia moderna de la caña de azúcar se toma como punto de partida el año de 1960 para cuantificar la evolución de la productividad de azúcar, porque en ese año los ingenios azucareros definieron su estrategia de modernización y crecimiento (Melgar, 2012). La industria se transformó de una industrial local a una industria de exportación, convirtiéndose en una de las actividades agroindustriales más importantes del país, no solo para producir azúcar, sino también energía eléctrica y alcohol.

Actualmente, existen operando 11 ingenios azucareros. En 1998 eran 17 ingenios los que procesaban el azúcar, de éstos cuatro fueron fundados en el siglo XVIII, Santa Teresa 1863, Santa Ana 1867, Pantaleón 1870 y San Diego 1883. Cinco se fundaron en la década de 1960, que fue cuando Guatemala empezó a exportar azúcar; Los Tarros 1960, Concepción 1961, Palo Gordo 1962, Madre Tierra 1963 y La Unión 1969. Cuatro más surgieron entre 1974 a 1980, periodo en el cual los precios del azúcar en el Contrato No. 11, ascendieron a US\$

29.66 por quintal (46 kg), el precio más alto desde 1955 a 2018; El Pilar 1975, Magdalena 1976, Tierra Buena 1977 y Guadalupe 1981 (Meneses, 1998a).

El incremento de exportaciones de azúcar motivó a la Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA) para desarrollar proyectos y estrategias para incrementar la producción. Los ingenios iniciaron mejoras en el cultivo, la cosecha, la fábrica, la distribución y comercialización del producto, así como mejoras en las condiciones de vida para sus trabajadores. En 1971 se fundó la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA) con el fin de fomentar el intercambio de experiencias y tecnología, así como la difusión de conocimientos técnicos a nivel local e internacional para impulsar el desarrollo de la Agroindustria Azucarera (AIA). En 1974 ASAZGUA creó el Departamento de Experimentación Agrícola y en 1978 el ingenio Pantaleón inició sus primeros trabajos de investigación. Pocos años después los ingenios Santa Ana, Concepción y La Unión continuaron con esa labor. Es precisamente en este contexto de modernización del sector que con el objetivo de apoyar la línea de desarrollo tecnológico fue creado el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) en 1992 (Melgar, 2012).

De acuerdo con Melgar (2012) los principales factores que han incidido en el desarrollo de la Agroindustria Azucarera (en adelante AIA) en Guatemala han sido de tipo ambiental, gerencial, tecnológico y social (ver Cuadro 1.1):

- Las condiciones agroecológicas han sido favorables, ya que la expansión en área de la caña de azúcar en los últimos 25 años ha sido principalmente en fincas ubicadas de 0 a 40 metros sobre el nivel del mar (msnm), definido como estrato litoral, estrato que produce un 10 por ciento más de caña y azúcar que el promedio nacional.
- La organización gerencial de naturaleza privada, ha consolidado una organización gremial, que ha impulsado estrategias, como

la construcción de una terminal de exportación, la creación de la Fundación del Azúcar (FUNDAZUCAR), el Centro Guatemalteco de investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) y se ha favorecido la diversificación de la producción (electricidad y alcohol).

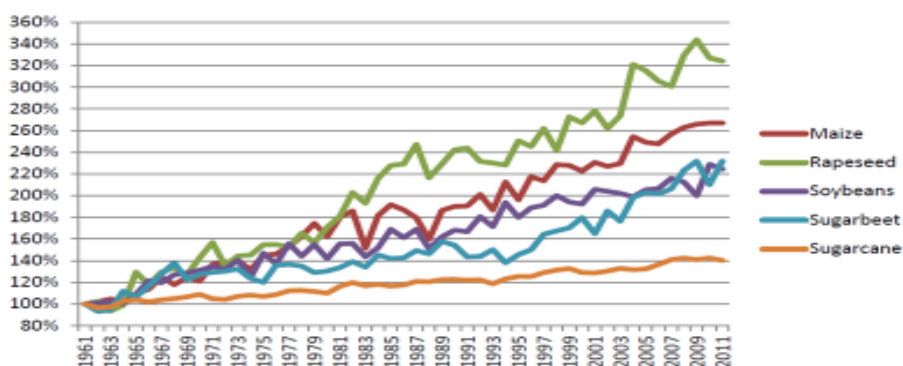
- En el tema tecnológico se pueden destacar las operaciones en el campo, las operaciones en fábrica, la investigación, la capacitación, la transferencia de tecnología, y el “benchmarking”.
- Finalmente, en lo social ha incidido la responsabilidad social empresarial.

Cuadro 1.1.Principales Factores De Desarrollo De La Agroindustria Azucarera De Guatemala

FACTOR	DESCRIPCIÓN	AUTOR (ES)
Ecológico	Condiciones agroecológicas favorables	International Sugar Journal 1998
Organizacional Gerencial	Industria privada Organización gremial Método de exportación Terminal de exportación Diversificación	International Sugar Journal, 1998 Hasrajani, 2004 McSweeney, 2005
Tecnológico	Operaciones en campo Operaciones en fábrica Investigación Capacitación Transferencia de tecnología Benchmarking	Int. Sugar Jul 1998 Herrera <i>et al.</i> , 2001 Meneses <i>et al.</i> , 2003 Hasrajani, 2004 McSweeney, 2005 Menéndez y Estévez, 2005 Tay y Huete, 2006
Social	Condiciones de los trabajadores Responsabilidad Social	Herrera <i>et al.</i> , 2001 McSweeney, 2005

Fuente: Melgar, 2012

El importante avance modernizador de la AIA guatemalteca queda en evidencia al comparar los indicadores de productividad promedio nacional y mundial. Así de acuerdo a Burnquist, (2013) en la Figura 1.9 podemos observar el incremento relativo mundial en la productividad experimentada por 5 commodities agrarias a lo largo del periodo 1961 a 2011. En incremento en caña de azúcar ha sido del 40 por ciento, incremento menor al observado en el mismo periodo en remolacha azucarera y soya que incrementaron su productividad en 120 por ciento, o al del maíz y la canola (colza) que alcanzaron incrementos del 160 por ciento y 220 por ciento respectivamente.



Fuente: Burnquist, William, 2013. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technology
 Figura 1.9. Incremento relativo promedio de la caña de azúcar, remolacha azucarera, soya, maíz y canola, en el periodo 1961 a 2011. (Promedios mundiales de rendimiento, faostat.fao.org)

Sin embargo en Guatemala la productividad de la caña de azúcar en toneladas de caña por hectárea TCH de 1961 a 2011 (mismo periodo) incremento el 79 por ciento y para toneladas de azúcar por hectárea TAH en el 98 por ciento (Meneses y Galiego, 2016).

Los incrementos de productividad experimentados en la caña de azúcar en Guatemala en un periodo temporal más próximo a la actualidad quedan reflejados en el trabajo de Meneses y Galiego (2016). El Cuadro 1.2 recoge la productividad en quinquenios de toneladas de caña por hectárea año (TCHA) y de toneladas de azúcar por hectárea año (TAHA), para el período 1988/1989 a 2014/2015. El incremento de la productividad

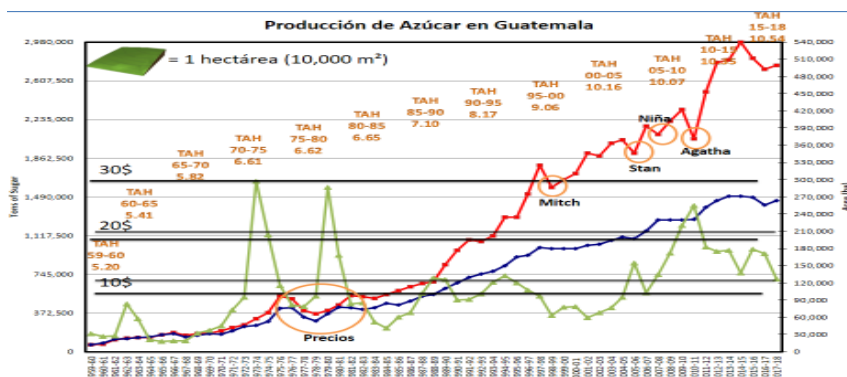
en toneladas de caña por hectárea en estos seis quinquenios es de 24.83 TCHA, equivalente a un incremento del 31.64 por ciento en TCHA. El TAHA presenta un comportamiento similar al ya descrito, el incremento en los seis quinquenios fue de 3 TAHA, un 38.61 por ciento.

Cuadro 1.2. Comparación de Productividad TCH en 6 quinquenios, Agroindustria Azucarera de Guatemala

Quinquenios	TCH	TAH	Rendimiento
1988-89 a 1992-93	78.48	7.77	9.9
1993-94 a 1997-98	86.15	8.72	10.12
1998-99 a 2002-03	87.07	9.67	11.11
2003-04 a 2007-08	91.15	10.11	11.09
2008-09 a 2012-13	96.83	10.18	10.51
2013-14 a 2014-15	103.31	10.77	10.33

Fuente: Meneses y Galiego (2016)

En la Figura 1.10 se presenta la relación entre el crecimiento en área en hectáreas cosechada con caña de azúcar, la producción de azúcar en toneladas del periodo y el precio del azúcar Contrato No. 11 de 1959/60 a 2017/18. En ella podemos observar que el crecimiento en área en ese periodo ha sido de 2005 por ciento, mientras que en producción de azúcar entoneladas de 4122 por ciento. Esa diferencia se debe al incremento de la productividad en toneladas de azúcar por hectárea que de 5.24 TAHA en 1959/60, aumento a 10.45 TAHA en 2017/18, un 99.43 por ciento. Importante resaltar dos aspectos; el crecimiento de la productividad se ha mantenido constante a pesar de las variaciones en el precio del azúcar en el Contrato No. 11 y que el principal crecimiento en la productividad se da en los quinquenios 1990-1995 con 1.07 TAH en relación a 1985-1990; 1995-2000 con 0.89 TAH en relación a 1990-1995 y 2000 a 2005 con 1.1 TAH en relación a 1995-2000, esto coincide con la creación de CENGICANA, en 1992 (Meneses y Melgar, 2017).



Fuente: ASAZGUA, 2018; Meneses y Melgar (2017)

Figura 1.10. Producción de azúcar en Guatemala, área cosechada y precios del azúcar en el Contrato No. 11, de 1959/60 a 2017/2018

Nótese que este crecimiento en productividad de azúcar permite obtener en 263,784 ha, las 2,752,563 t de azúcar. Si la productividad se hubiera mantenido en los niveles de 1960, para obtener esta producción de azúcar precisaríamos dedicar al cultivo de caña 525,298 ha, un ahorro de 261,514 ha de área sembrada.

Con el objetivo de conceptualizar los incrementos de productividad medidos en toneladas de azúcar por hectárea año TAHA se ofrece en el Cuadro 1.3. En él se puede observar el incremento de la productividad de 1992 a 2015 de algunos de los principales países productores de azúcar de caña a nivel mundial. Guatemala tiene el mayor incremento con 3.11 TAHA, seguido de Colombia con 2.77 TAHA en este periodo. Estos resultados ubican a Guatemala como el tercer lugar en productividad de TAHA a nivel mundial.

Cuadro 1.3. Incremento en productividad de TAH de 1992 a 2015, de algunos de los principales países productores de azúcar de caña

Pais	Δ TAH 1992-2015
Guatemala	3.11
Colombia	2.77
Australia	1.87
Francia, Reunión	1.70
Brasil	1.60
México	-1.80

Fuente: Melgar, 2017

En cuanto a la importancia de la producción de azúcar a la economía guatemalteca apuntar que, como ya se señaló anteriormente, el azúcar es un producto de exportación. Guatemala exporta entre el 70 al 75 por ciento de su producción anual, y a partir de 2013 el azúcar se convierte en el segundo producto en Guatemala en generación de divisas, constituyendo una importante contribución a la economía nacional, ver Cuadro 1.4. Así mismo, al considerar las exportaciones de los tres productos que se generan a partir de la caña de azúcar, según el Banco de Guatemala (2017), la participación total del sector azucarero en exportaciones representó en 2014 el 10.45 por ciento del total de exportaciones de Guatemala y en 2017 el 8.8 por ciento (Cuadro 1.5). En el Cuadro 1.6 se observa la participación de la caña de azúcar y azúcar en el PIB de 2008 a 2017 (últimos 10 años), donde la participación del sector azucarero alcanza entre 1.9 a 2.2 del PIB en ese periodo.

Cuadro 1.4. Valor (FOB) de las exportaciones de los principales productos de exportación de Guatemala período 2011-2016, Millones de US Dólares.

Concepto	2011	2012	2013	2014	2015	2016*
Artículos de vestuario	1216.4	1189.5	1270.8	1277	1325	1270
Azúcar	648.8	803	941.9	951.7	850.8	817.1
Banano	475.3	499.8	594.7	651.8	715.1	700.4
Café	1174.2	958.1	714.5	668.2	663	649.1
Grasas y aceites comestibles	330.9	361	361.8	379.1	361	471
Bebidas, líquidas alcohólicas y vinagres	222.9	321.5	338.3	340.4	298.8	328
Plomo	5.6	4.6	35.9	353.1	309.3	328
Materiales plásticos manufacturas	270.7	299.2	290.4	308.2	321.7	322.6
Productos farmacéuticos	225.9	238.2	243.6	273.2	321.2	317.8
Frutas frescas y congeladas	193.1	204.9	232.2	263	287.2	314.8
Piedras y metales precioso y semipreciosos	941.6	612.9	482.7	388	331.6	252.7
Manufacturas de papel y cartón	205	208.6	207.9	220.3	234.8	245.1
Otros productos	4490.5	4277.4	4310.1	4729.5	4655.3	4448.7
Total	10400.9	9978.7	10024.8	10803.5	10674.8	10465.3

*Cifras preliminares

Fuente: Banco de Guatemala, 2017, Declaraciones y formularios aduaneros únicos centroamericanos de exportación.

Cuadro 1.5. Exportaciones de Guatemala por Inciso Arancelario. Cifra en dólares.

Descripción Inciso Arancelario	2002	2005	2008	2011	2014	2017*
Azúcar	227,047,553	236,583,394	378,058,851	648,757,791	951,658,801	825,012,895
Melaza	15,879,327	22,079,232	27,769,551	54,464,024	26,073,595	43,321,328
Etanol (Alcohol)	10,284,526	18,742,229	87,760,774	71,982,576	151,270,365	98,317,014
Ingreso total de divisas por exportaciones	4,162,053,620	5,380,931,216	7,737,409,866	10,400,892,699	10,803,467,863	10,981,798,905

* Cifras preliminares

Descripción Producto	2002	2005	2008	2011	2014	2017*
Azúcar	5.46%	4.40%	4.89%	6.24%	8.81%	7.51%
Melaza	0.38%	0.41%	0.41%	0.52%	0.24%	0.39%
Etanol (alcohol)	0.25%	0.35%	0.35%	0.69%	1.40%	0.90%
Total sector azucarero	6.08%	5.16%	5.16%	7.45%	10.45%	8.80%

*Cifras Preliminares

Fuente: Banco de Guatemala, 2017, Declaraciones y formularios aduaneros únicos centroamericanos de exportación.

Cuadro 1.6. Participación de Caña de Azúcar y azúcar en el Producto Interno Bruto de los últimos 10 años

Año	Caña de azúcar y Azúcar	PIB	Participación
2008	3758.2	192894.9	1.9%
2009	3905.1	193909.6	2.0%
2010	3941.4	199473.8	2.0%
2011	3947.4	207776	1.9%
2012	4496.1	213946.6	2.1%
2013	4917.8	221857.5	2.2%
2014	5049.0	231118.2	2.2%
2015	5107.1	240686.6	2.1%
2016 ^{p/}	5212.1	248129.8	2.1%
2017 ^{p/}	4985.0	254979	2.0%

Fuente: Banco de Guatemala, 2017, Declaraciones y formularios aduaneros únicos centroamericanos de exportación.

Para terminar con esta breve descripción del cultivo de la caña de azúcar en Guatemala, simplemente decir que la importancia de esta industria puede ser medida también en términos de generación de empleo. Así, en 2017 la agroindustria azucarera es responsable de 85,000 empleos directos y 425,000 indirectos, concentrados en los departamentos donde se produce la caña de azúcar, Santa Rosa, Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu y otras regiones del país, especialmente para el corte de la caña (ASAZGUA, 2017).

1.2 CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

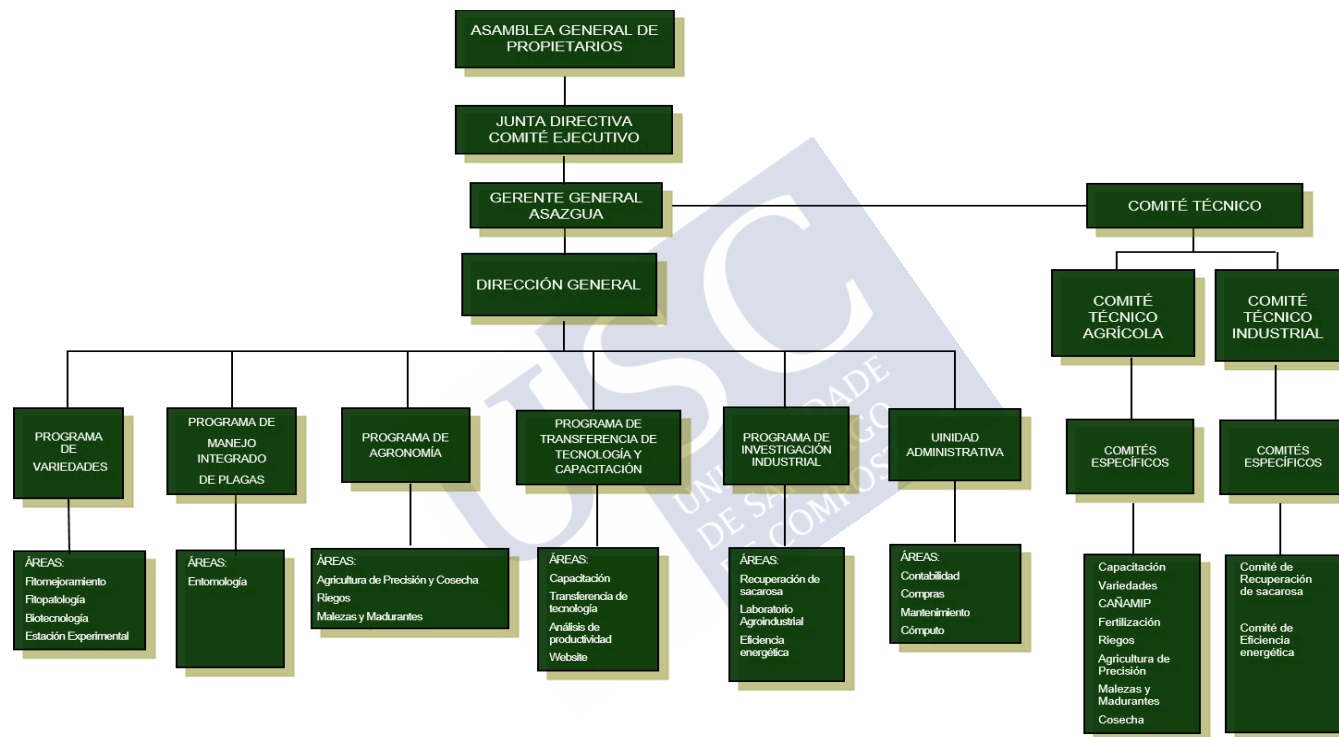
1.2.1 Organización y Planificación

La Asociación de Azucareros de Guatemala “ASAZGUA”, creó el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de

Azúcar “CENGICAÑA” en 1992. Se trata de un centro de investigación que pretende generar, adaptar y transferir tecnología que mejore la rentabilidad y sostenibilidad de la AIA de Guatemala. El centro de investigación es privado, financiado por 11 ingenios de la AIA. La financiación que aporta cada ingenio es proporcional a su producción de azúcar.

En la Figura 1.11 se puede consultar el organigrama del centro y los programas de investigación que definen su funcionamiento.

La planificación de actividades se realiza a través de un Plan Estratégico quinquenal, con metas al corto, mediano y largo plazo, para cada área, el cual contiene las acciones a desarrollar en forma gremial. La propuesta del Plan Estratégico es elaborada por el personal profesional responsable del área con orientación de su Comité Específico (formado por profesionales de cada ingenio especialistas de esa área) y de la Dirección General. Esta propuesta es presentada al Comité Técnico Agrícola (formado por los Gerentes Agrícolas de cada ingenio que aportan a CENGICAÑA), las solicitudes y observaciones del Comité se integran y consideran si es factible, con la aprobación gremial.



Fuente: CENGICAÑA, 2015a

Figura 1.11. Organigrama del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar

Luego en un taller el Plan Estratégico es presentado a Junta Directiva y Comité Ejecutivo, quienes de igual manera hacen solicitudes y observaciones, las cuales se integran si es factible, con la aprobación gremial. El Plan Estratégico se evalúa cada 2 años. Los Planes Operativos anuales se planifican en base a los Planes Estratégicos, con la orientación de los Comité Específicos, son evaluados cada año, y de igual manera, se presentan propuestas por área para el nuevo año a las mismas instancias, Comité Técnico Agrícola y Junta Directiva y Comité Ejecutivo.

El principal objetivo de acuerdo con el Plan Estratégico 2015-2025 vigente es **“Ser líderes en generar cambios tecnológicos para incrementar la competitividad de la Agroindustria Azucarera Guatemalteca en la región mesoamericana”**

El Plan define además otros dos objetivos estratégicos:

1. Aumentar la rentabilidad de la Agroindustria Azucarera a través de la mejora continua de los procesos agrícolas de (Variedades, Biotecnología, Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y drenajes, Agricultura de precisión y Malezas y Madurantes) e industriales (Recuperación de sacarosa y Eficiencia energética).
2. Mejorar la transferencia de tecnología a los ingenios asociados a través de capacitación, divulgación y promoción de los procesos de Benchmarking en campo, transportes, fábrica y cogeneración.

Los programas y proyectos que desarrolla CENGICANÑA con base en la priorización definida conjuntamente, por la Junta Directiva, Gerentes Agrícolas y Gerentes Industriales, están recogidos en el Cuadro 1.7:

Cuadro 1.7. Programas y Proyectos de Investigación de CENGICAÑA

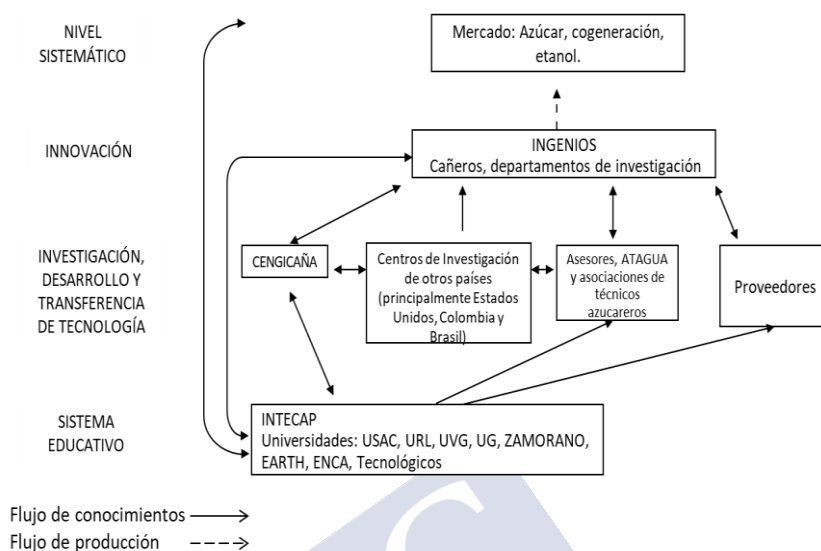
PROGRAMAS	ÁREAS	PROYECTOS
Programa Variedades	de 1. Fitomejoramiento	1. Recurso genético. 2. Cruzamientos. 3. Programa de selección, 4. Semilla genética. 5. Promoción de nuevas variedades
		1. Selección asistida con marcadores moleculares (MAS) 2. Detección molecular de enfermedades. 3. Cultivo de tejidos
		3. Fitopatología 1. Detección de patógenos en semilleros
Programa Manejo Integrado de Plagas	1. Entomología	1. Bioecología de plagas y sus enemigos naturales. 2. Investigación bioeconómica de plagas. 3. Desarrollo de estrategias de control
Programa Agronomía	de 1. Fertilización y Nutrición Vegetal	1. Requerimiento de nutrientes y fertilización. 2. Uso y manejo de fertilizantes. 3. Uso y manejo de subproductos. 4. Abonos verdes
		2. Riegos 1. Eficiencia técnica y económica del riego. 2. Eficiencia técnica y económica de métodos de riego. 3. Estudios de niveles freáticos
		3. Agrometeorología 1. Análisis de información meteorológica para caña de azúcar

PROGRAMAS	ÁREAS	PROYECTOS
	4. Sistema de Información para Agricultura de Precisión	1. Sistema de información agronómico. 2. Zonificación agroecológica. 3. Mapas temáticos
	5. Malezas y Madurantes	1. Inhibidores de floración. 2. Madurantes. 3. Manejo de malezas
Programa de Investigación Industrial		1. Recuperación de sacarosa 2. Estandarización y normalización 3. Eficiencia energética

Fuente: Melgar, M. 2011a

1.2.2 Encaje de CENGICAÑA dentro del sistema de innovación de la caña de azúcar en Guatemala

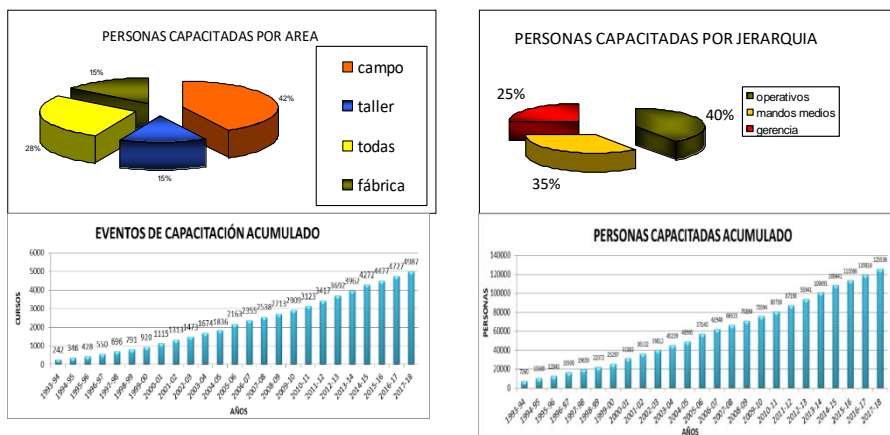
De acuerdo con Tosi (2010), el desempeño innovador de un país, región o sector no puede ser evaluado focalizando solo los logros de las organizaciones individualmente. Por el contrario, la innovación es un proceso que resulta de la interacción de diversas organizaciones. Por eso en la Figura 1.12 se presentan las principales empresas, organizaciones e instituciones que participan en el sistema de innovación de la caña de azúcar en Guatemala.



Fuente: Melgar, 2012

Figura 1.12. Sistema de innovación de la caña de azúcar en Guatemala

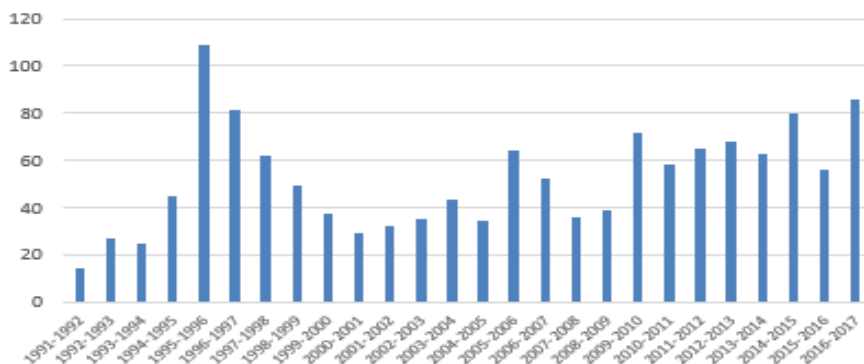
Como se puede observar en la figura anterior CENGICAÑA tiene un importante papel dentro del sistema de innovación, actuando como nexo entre la industria y las instituciones educativas. Anteriormente hemos aludido únicamente a la cuestión del papel que el centro desarrolla en cuanto al diseño de tecnologías, sin embargo CENGICAÑA también cumple una función en cuanto a la mejora de la capacitación de los trabajadores de la AIA, tanto en lo que se refiere a la formación de trabajadores de base como personal técnico. En las Figuras 1.13 se puede observar el número de eventos de capacitación realizados a lo largo del periodo 1993-2018, como el número de personas capacitadas. También consideramos de interés mostrar la estructura de la capacitación por área y por jerarquía.



Fuente: Meneses, 2018

Figura 1.13. Eventos de capacitación coordinados por CENGICAÑA, de 1993 a 2018.

Resta hacer referencia a la labor desarrollada en transferencia de tecnología a partir de las publicaciones generadas por el centro. La Figura 1.14 muestra el número de publicaciones elaboradas por año².



Fuente: Catalán, 2018

Figura 1.14. Publicaciones elaboradas por CENGICAÑA

La Figura 1.15 sintetiza los actores de la red tecnológica del sistema de gestión de tecnología, que permiten formar el “Stock de tecnología” de la Agroindustria Azucarera de Guatemala.

² La mayoría se encuentran disponibles en www.cengicana.org



Fuente: Melgar, 2011a

Figura 1.15. Actores de la red tecnológica del sistema de gestión de tecnología

Llegados a este punto es preciso recordar el carácter privado de este centro, lo que implica que la participación de los ingenios es parte fundamental a la hora de definir las responsabilidades en las etapas del Proceso de Innovación Tecnológico. Así el Plan Operativo Anual se define conjuntamente por la dirección y personal profesional de CENCICAÑA y los recursos proceden de la industria, por lo tanto la priorización de las actividades se establece de acuerdo con sus condiciones. Bajo esta premisa se define como se comparten las responsabilidades en el proceso de innovación tecnológica para la generación, validación y transferencia de las variedades y tecnologías desarrolladas, que de acuerdo a McDermont (1989), acelera el desarrollo y difusión de innovaciones.

Para la elaboración del proceso de desarrollo y transferencia de tecnología, es necesario conocer dentro de un sistema social como se toman las decisiones de adoptar las innovaciones y como estas se difunden (Rogers y Shoemaker, 1971). En 1997 Meneses analizó las redes de información y conocimiento en el área de campo de los

ingenios. El objetivo era identificar dentro de los diferentes mandos jerárquicos de los ingenios (gerentes agrícolas, encargados de agronomía, responsables de investigación, jefes de zona y administradores), quienes influyen y deciden adoptar las innovaciones y quienes realizan las actividades previas del proceso, en el Cuadro 1.8 se presenta las conclusiones de este estudio.

En 1998 Meneses establece cuatro fases del desarrollo de innovaciones: generación, adaptación semicomercial, adaptación comercial y promoción comercial en lotes. En el Cuadro 1.9 se recogen los dominios de aprendizaje y las acciones de transferencia de CENGICAÑA y de los ingenios que son necesarias para cubrir los dominios de aprendizaje definidos en cada fase, así como los actores que deben participar en cada actividad de transferencia.



Cuadro 1.8. Priorización de actividades desarrolladas por personal técnico del área de campo, dentro de los ingenios, en apoyo al uso y transferencia de tecnología

Actividad	Gerente Agrícola	Agronomía	Investigación	Jefe de zona	Administrador
a. Investigación básica					
b. Identificar o seleccionar tecnologías nuevas	2	2			
c. Validar o adaptar las tecnologías		1	1		
d. Transmitir las tecnologías	2	1	2	1	2
e. Supervisar los beneficios de las tecnologías				1	2
f. Evaluar los beneficios de las tecnologías	2			2	
g. Aplicar o usar las tecnologías				1	1
h. Sugerir que tecnologías aplicar o usar		1	2	2	
i. Decidir que tecnología aplicar (adoptar)	1	2		3	

Fuente: Meneses, 1,997

Cuadro 1.9. Características de los trabajos del Centro en las diferentes etapas del desarrollo tecnológico

	Generación	Adaptación Semicomercial	Adaptación comercial	Promoción comercial en lotes
Dominios de aprendizaje	Cognoscitivo Afectivo	Cognoscitivo Afectivo Sicomotriz	Afectivo, Sicomotriz	Afectivo, Cognoscitivo Sicomotriz
Acción Centro	Gira observación, Comité de área, Investigación, encuentros técnicos	Gira Comité Técnico, Junta Directiva, encuentros	Giras, días de campo, encuentros técnicos, Comité de área, Jefes de zona	Giras, Comité de área, Investigación, Jefes de zona
Acción Ingenio	Conozcan, Gerentes Agrícolas, Jefes de zona y administradores	Conozcan, Superintendentes, Investigación, Administradores	Sicomotriz, con Administradores, Mayordomos	Propiciar uso de tecnologías con proveedores

Fuente: Meneses 1,998a

Por otra parte, las decisiones de adoptar innovaciones, varían en función de las variedades y de las tecnologías en Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y madurantes, esto implica la necesidad de elaborar propuestas individuales de modelos de Transferencia de Tecnología (Meneses, 1999) (las propuestas pueden ser consultadas en el Anexo 1).

1.2.3 Programas de CENGICAÑA

En la Figura 1.11 se detallaban los programas que en la actualidad está desarrollando el centro, a seguir describimos las principales metas y objetivos de los tres programas objeto de esta tesis. El programa de Transferencia de Tecnología y Capacitación no se incluye debido a que es un apoyo a la transferencia de las variedades y tecnologías desarrolladas por los tres programas y ejecuta actividades de capacitación para el personal de la AIA; y el programa de Investigación Industrial no se incluye debido a que empezó a funcionar en el 2010.

El Programa de Variedades. Tiene como meta el incremento de la productividad de azúcar a través del desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar. El objetivo es obtener variedades de alto rendimiento de azúcar por unidad de área, resistentes a enfermedades y con características agroindustriales y adaptabilidad adecuadas a las diferentes condiciones ambientales de la zona cañera guatemalteca.

Las áreas de trabajo del Programa de Variedades son:

- **Fitomejoramiento:** es responsable de la obtención y desarrollo de las nuevas variedades de caña de azúcar con características de importancia económica: alta concentración de azúcar, alto rendimiento de caña, de buena habilidad de soqueo, resistente a las principales plagas y enfermedades y con buena capacidad de adaptación a las diferentes condiciones de clima, suelo y manejo de la zona cañera guatemalteca.
- La estrategia del mejoramiento consiste en el enriquecimiento de la base genética mediante la introducción de variedades obtenidas

por el intercambio con otros programas del mundo y la realización de cruzamientos para dar origen a nuevos híbridos complejos, el programa de selección y la liberación de nuevas variedades y el apoyo para incrementar la adopción.

- **Fitopatología:** El área de Fitopatología conduce estudios de resistencia y efecto sobre la producción de enfermedades en variedades y es responsable de la cuarentena de importación y exportación de variedades. Además, el área ofrece los servicios de análisis para la detección de patógenos en semillero
- **Biotechnología:** La biotecnología hace uso de organismos vivos o de sus componentes para la obtención o modificación de productos o procesos útiles al hombre. La utilización de microorganismos responsables de procesos fermentativos es común desde hace miles de años. Más recientemente surge la biotecnología moderna, que comprende tres grupos de técnicas: cultivo de tejidos, marcadores moleculares e ingeniería genética.

El Programa de Manejo Integrado de Plagas, tiene el objetivo de desarrollar, adaptar y transferir las estrategias del Manejo Integrado de Plagas de importancia económica que permitan reducir las pérdidas y que proporcionen un beneficio social y ecológico para la industria azucarera de Guatemala.

Desarrolla y adapta con el apoyo del comité CAÑAMIP, tecnologías para la identificación de especies de plagas, sus enemigos naturales, bioecología, dinámica poblacional y umbrales de daño, que orienten la toma de decisiones de control.

El Programa de Agronomía tiene como objetivo desarrollar y validar tecnologías y prácticas agronómicas que permitan aumentar la productividad, rentabilidad y sostenibilidad del cultivo de caña de azúcar en la agroindustria azucarera guatemalteca.

Las áreas de investigación y servicio que conforman el Programa de Agronomía son:

- **Fertilización y Nutrición Vegetal:** El objetivo de esta área de investigación es generar recomendaciones para el uso óptimo de

los fertilizantes y modificadores del suelo para los distintos ambientes en que se cultiva la caña de azúcar en la región. Las líneas de investigación generales que se conducen actualmente en esta área son:

- **Riegos:** El objetivo de esta área es generar, validar y transferir tecnología para optimizar el uso del agua con fines de riego a través del manejo del recurso hídrico a nivel de cuenca.
- **Malezas y Madurantes:** Tiene como objetivo validar y recomendar madurantes químicos para caña de azúcar, para que aceleren la madurez de la planta y prolongan el período de concentración máxima de la sacarosa del tallo. Típicamente inhiben el crecimiento del meristemo apical, y que las recomendaciones sean más rentables que las usadas comercialmente.



2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la rentabilidad de las inversiones en la generación, validación y transferencia de tecnologías realizadas por CENGICAÑA de 1992 a 2017, en el desarrollo de Variedades y tecnologías en Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riego y Malezas y Madurantes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Determinar los costos de inversión de CENGICAÑA en el desarrollo de Variedades, y tecnologías de Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes;

2.2.2 Definir las variedades y tecnologías desarrolladas por área y proyectos, con sus resultados agronómicos y financieros;

2.2.3 Determinar las zonas de producción para las cuales las variedades y tecnologías son apropiadas y recomendadas, para calcular el techo de adopción y la tasa y ritmo.

2.2.4 Integrar y analizar la información de forma financiera.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

A lo largo del presente capítulo realizaremos un breve repaso de una serie de conceptos metodológicos y teóricos básicos, claves en la construcción de la presente tesis. Los mismos se encuentran agrupados en 6 subcapítulos, cada uno de los cuales tiene los siguientes contenidos:

1. El sistema de innovación tecnológico. Aquí se define el concepto de innovación que orienta esta tesis y se explica y discute el Proceso de Innovación Tecnológico (PIT) que orienta el desarrollo de estrategias en investigación, validación, transferencia y difusión de tecnologías del área agrícola empleada en CENGICANA.
2. Difusión y adopción de tecnologías
3. Los costos y prorrates
4. Concepto de zona de producción
5. El mercado del Azúcar
6. Métodos de estimación de los impactos de la investigación y transferencia de tecnología

3.1 PROCESO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICO

El Proceso de Innovación Tecnológico (PIT) aplicado en el Centro tiene como objetivo la integración de los investigadores, transferencias y productores en la búsqueda de generar innovaciones que sean incorporadas con tasas de adopción superiores a las convencionales. Pero antes entrar en el análisis detallado de este proceso vamos a realizar una breve aproximación a un concepto central en el mismo: La innovación.

Son numerosos los trabajos académicos que han pretendido definir desde diferentes enfoques y perspectivas el concepto de innovación.

Aunque no es objetivo de esta tesis realizar una revisión de este concepto, obligado resulta citar alguna de las primeras aproximaciones realizadas como las de Schumpeter (1939) u otras más actuales como las proporcionadas por los trabajos de Porter (1991), Valdés (2002) o por el Manual de Oslo (2006). Para este trabajo nos hemos apoyado en el enfoque recogido en el IICA (2014) según el que la innovación es la aplicación de nuevos conocimientos en los procesos productivos u organizacionales, y tiene lugar cuando ocurre una apropiación social de los conocimientos, ideas, prácticas y tecnologías; es decir, cuando se traduce en un cambio que sea útil y beneficioso en el que hacer productivo u organizacional.

Es importante destacar que para que se considere como una innovación, la novedad que se implementa debe ser algo nuevo para ese contexto geográfico y no necesariamente para el mundo. La innovación puede ser considerada pues, como la implementación de una novedad o mejora (tecnológica o no tecnológica) en productos (bienes o servicios), procesos, formas de mercadeo o formas de organizarse.

Se trata, pues, de novedades y cambios útiles que bien pueden ser de carácter sustantivo (un gran cambio o mejora) o bien de tipo acumulativo (pequeños cambios que en su conjunto resulten en una mejora significativa) IICA (2014). Estamos ante un concepto que se asocia con la idea del progreso y bienestar. De lo anterior se deduce que una innovación puede incidir en aspectos técnicos, materiales o, incluso, conceptuales, y por lo general trae un considerable mejoramiento de la vida a nivel social, económico, cultural o tecnológico.

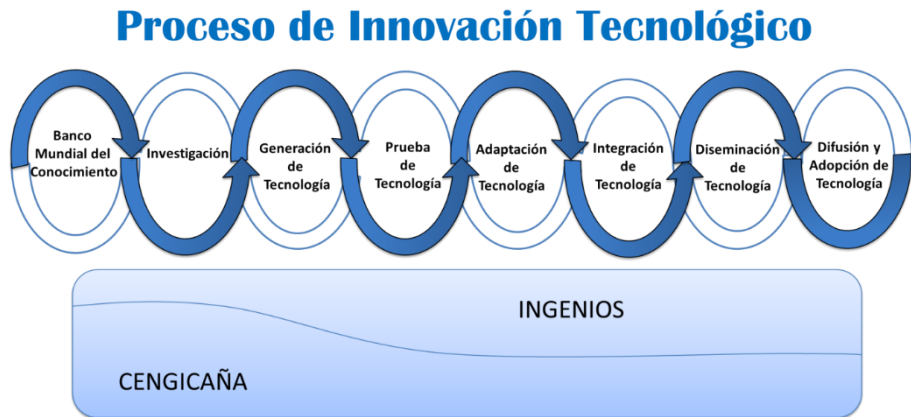
Avanzando hacia el concepto de sistema queremos apuntar que de acuerdo a lo recogido por el IICA (2014) que cita a Banco Mundial (2007) un sistema de innovación comprende el conjunto de organizaciones, empresas e individuos (públicos y privados) que demandan y ofrecen conocimientos (codificados - tácitos) y competencias técnicas, comerciales y financieras, así como las normas y los mecanismos por los cuales estos diferentes actores interactúan y se interrelacionan dentro de contextos sociales, políticos, económicos, institucionales, entre otros.

La inversión en ciencia y tecnología agrícola, expresada en términos de investigación y servicios de extensión, ha demostrado tener una gran relevancia en el aumento del rendimiento de los cultivos agrícolas y la reducción de la pobreza en los países en desarrollo. Sin embargo, es importante que esta inversión esté definida según las necesidades de conocimiento expresadas por todos los actores involucrados. Por lo tanto, en la actualidad parece haber un cierto consenso a respecto de que el desempeño de los sistemas de innovación también depende de la interacción entre los actores encargados de generar y difundir el conocimiento y la tecnología, los procesos de aprendizaje de los actores y la creación de un ambiente favorable para la innovación (IICA, 2014).

En 1989 McDermont propone un Modelo de Proceso de Innovación Tecnológica aplicado específicamente al sector agrario y que se corresponde con el aplicado en CENGICAÑA. Se trata de una conceptualización simplificada de un proceso, un modelo conceptual que no pretende representar la realidad en su totalidad, pero para las personas e instituciones que dirigen los servicios de investigación y extensión puede servir como una herramienta de ayuda a la hora de entender y trabajar con la realidad. De acuerdo con McDermont el PIT debe cumplir tres objetivos:

- 1 Ayudar a entender el proceso (o fenómeno) con el cual la investigación y extensión debe trabajar.
- 2 Estimular su razonamiento y ayudar a ganar conocimientos en el manejo de la investigación y extensión.
- 3 Facilitar la comunicación entre las personas envueltas en el manejo de la investigación y extensión.

El modelo tiene ocho componentes, comúnmente llamadas funciones, que se pueden observar en la Figura 3.1. El proceso mismo aparece como una simple secuencia lineal de funciones, pero es importante señalar que los procedimientos operacionales no tienen que seguir nítidamente una secuencia lineal. Las funciones definen como se comparten las responsabilidades en el proceso de innovación tecnológica para la generación, validación y transferencia de las variedades y tecnologías desarrolladas.



Fuente: Adaptado de McDermont, 1989
Figura 3.1. Proceso de Innovación Tecnológico.

A seguir definiremos en forma más precisa cada una de las funciones componentes del modelo.

- La Reserva Mundial de Conocimiento: Incluye la sabiduría popular y la tecnología tradicional así como los conocimientos científicos y tecnología avanzada. Parte de este conocimiento está internalizado en productos, semillas, insumos e implementos; alguno en libros y manuales; y otros en la mente, intuiciones, y tradiciones de los productores. Todo país tiene relativamente fácil acceso, en estos tiempos, a la reserva mundial de conocimientos y tecnologías. En cierta manera, un país no tiene que generar su propia tecnología, pero si puede beneficiarse de ella.
- La Investigación en este modelos se refiere a la obtención de nuevos conocimientos, a través de cualquier medio, pero más ampliamente a través del esfuerzo de la ciencia, en contraste a la tecnología. La investigación científica busca nuevos conocimientos, y esto es hecho a través de abstraerse del mundo real. La investigación busca tanto control sobre las variables como sea posible con el propósito de controlar la calidad de los resultados. Esta es analítica. Los nuevos conocimientos, por ellos mismos, no tienen valor para los agricultores. Estos tienen valor

solamente cuando se ponen en uso, conjuntamente con otros conocimientos y prácticas. Los agricultores no pueden usar la ciencia. Ellos necesitan tecnologías. El conocimiento de que se aproxima una tormenta de lluvia no tiene valor para el agricultor hasta que el no usa tal lluvia en un plan de acción.

- La generación Tecnológica: Mezcla los conocimientos, la tecnología actual, la sabiduría popular, hasta las corazonadas (o hipótesis) en una nueva forma que intenta servir una función útil. Esta forma puede ser un producto (semilla, implemento), o una práctica, como la aplicación de fertilizante. En contraste a la ciencia, la tecnología es una síntesis, y en contraste a la investigación científica, la generación de tecnología Sintetiza. Esta junta las partes. Esta hace los conocimientos útiles al combinarlos con otros elementos. La ciencia descubre el filamento. La tecnología lo convierte en un cable.
- Las Pruebas Tecnológicas determinan el comportamiento de las nuevas tecnologías generadas en condiciones relevantes. Eventualmente las nuevas tecnologías deberán ser aprobadas en las fincas, i. e. en el sistema de producción y con los criterios de ese sistema. Esta es una función crítica del proceso de innovación tecnológica el cual demuestra la necesidad de conceptualizar ese proceso. Los agricultores no adoptarán una tecnología nueva hasta que ellos estén satisfechos con las pruebas, en relación a su sistema de producción. Si la investigación y la extensión no pueden facilitar esta parte del proceso, entonces la innovación será inducida como un proceso autónomo.
- La Adaptación Tecnológica cumple dos propósitos. El primero, la función por la cual una tecnología recientemente generada es modificada para encajar mejor en el sistema agropecuario para el cual esta es dirigida. El segundo, la función por la cual cambios menores son introducidos para encajar la tecnología en un rango más amplio de sistemas de producción. La eficiencia en el proceso

de innovación tecnológica aumenta en la medida que la tecnología sirve un rango más amplio de sistema

- La Integración de la Tecnología es la función del proceso que integra una tecnología nueva en los sistemas agropecuarios actuales. La tecnología debe ser integrada a lo largo de tres dimensiones.
 - a. Pertenecer directamente al sistema de producción. Así como la tecnología es una síntesis de teoría y práctica, un sistema de producción es una síntesis de tecnologías. Y cada componente (tecnología) constantemente requiere cambios en otros componentes. La integración es la función de ajustar la nueva tecnología al sistema de producción, haciendo ajustes en los otros componentes cuando sean necesarios. Algunas tecnologías son fáciles de integrar. El cambiar una semilla puede ser muy fácil, pero esto no es siempre así. La introducción de otras tecnologías puede ser más complicado. Finalmente hay ciertas innovaciones que son tan poderosas que convierten en altamente rentable cambiar otros componentes del sistema. La llamada Revolución Verde de las variedades de trigo y arroz tuvieron ese poder. Igualmente que con los ensayos, los agricultores no pueden adoptar una tecnología nueva hasta que ellos sean capaces de integrar esta en su sistema de producción. Si la investigación y la extensión no pueden ayudar con esta función, entonces otra vez nosotros deberíamos esperar el proceso autónomo.
 - b. Una segunda dimensión es la integración con los mercados de insumos y productos. Si la tecnología es integrada en un insumo, el insumo deberá estar disponible para que la tecnología sea adoptada. La integración puede incluir la acción del mercado para hacer los insumos disponibles. Si el mercado de productos es inadecuado, los agricultores no pueden integrar la tecnología dentro del sistema de producción.
 - c. La tercera dimensión es la integración con la política nacional. La política nacional frecuentemente opera en el mercado de productos e insumos y establece condiciones a las que el agricultor debe adaptarse.

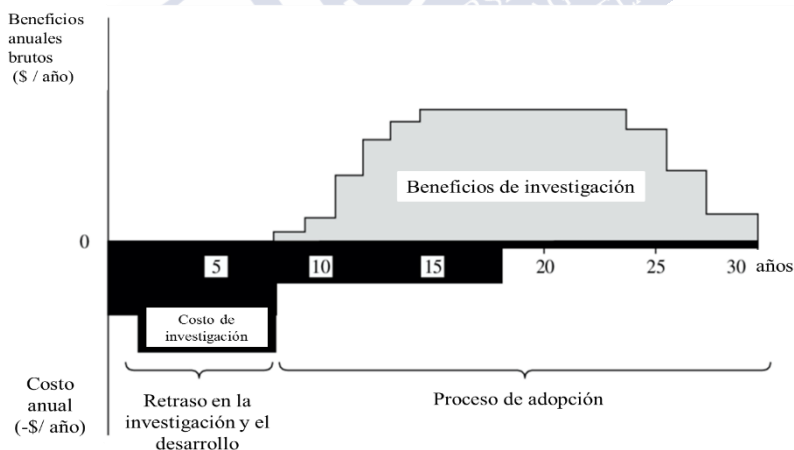
Estas condiciones afectan las vías que el individuo puede tratar con la nueva tecnología.

- La Diseminación de la Tecnología incluye el aprendizaje por parte de los agricultores de la nueva tecnología, siendo consciente de su valor potencial, y su entendimiento de cómo ésta podría encajar dentro de su sistema de producción. Este aprendizaje, o distribución de la información, puede ser realizado en una variedad de formas.
- La Adopción-difusión envuelve las decisiones del productor de poner en uso la nueva tecnología. Los agricultores individuales adoptan la nueva tecnología. En la medida que los agricultores la adoptan, ésta está siendo difundida. Ésta se convierte en una innovación efectiva cuando la difusión se realiza entre suficientes agricultores como para tener un impacto significativo en algún segmento de la población.
Esta distinción conceptual entre diseminación y adopción-difusión frecuentemente no será reflejada en las operaciones. La diseminación frecuentemente incluye los esfuerzos y las acciones de los no productores, segundas personas que podrían o no podrían tener intereses en si una tecnología es aceptada. La adopción y la difusión dependen de la decisión y acción del productor, realizadas con el propósito de servirle a su propio interés.

3.2 Difusión y Adopción de Tecnologías

Alston, Norton y Pardey (1995) indican que la extensión agrícola (transferencia de tecnología) debe considerarse como un componente de la investigación y desarrollo de innovaciones I + D, ya que interactúan y en conjunto la investigación y extensión agrícola determinan el impacto de las investigaciones en I + D. Así mismo que el enfoque de las mediciones de extensión agrícola debe ser similares a los de investigación. Por lo general tanto para la investigación como la extensión agrícola se debe agregar ciertos tipos de gastos para estimular la interacción entre ellos.

Alston, Chan, Marra, Pardey y Wyatt (2000) indican que los rezagos entre invertir en I + D y obtener algún rendimiento o retorno de esa inversión puede ser bastante largo dado que algunos inventos tardan en aparecer y algunos tienen una vida relativamente corta, otros duran mucho tiempo. Estos retrasos son un factor crucial para determinar los beneficios de la I + D y pueden ser una razón importante por lo cual hay una inversión insuficiente en I + D. Además los analistas que intentan medir esos beneficios pueden sobreestimar o subestimar los verdaderos beneficios, si se cometen errores en las estimaciones o suposiciones acerca de la estructura del retraso. En la Figura 3.2 presentan el flujo de costos y beneficios de la inversión en I + D, de un proyecto agrícola exitoso, donde el eje vertical (Y) representa el flujo de costos y beneficios y el eje horizontal (X) representa años de desarrollo de la investigación y adopción. Al inicio el proyecto implica inversión sin beneficios, por lo que durante la gestación o periodo de latencia de la investigación (5 – 10 años, o puede ser más larga, dependiendo de la naturaleza de la investigación) los flujos de beneficios netos son negativos.



Fuente: Alston *et al.* (2000)

Figura 3.2. Flujo de costos y beneficios en la investigación en I+D

Si la investigación es exitosa, conduce a resultados comercialmente aplicables, pueden existir otros rezagos o retrasos como en la adopción

de la innovación que puede durar varios años. Por lo que una justificación para la extensión agrícola ha sido que acorta el retraso en la adopción, para que los beneficios se consigan antes. Eventualmente como se muestra en la Figura 3.2 el flujo anual de beneficios netos de la adopción de la innovación se vuelve positivo.

Las experiencias han demostrado que hay una recompensa muy alta por acortar los retrasos típicos, incluso por solo un año. Estas consideraciones proporcionan una justificación para los esfuerzos de extensión agrícola, dirigidos a acelerar el proceso de innovación.

Rogers y Shoemaker (1971) en el desarrollo de la teoría de la comunicación de innovaciones indican que la difusión es un tipo especial de comunicación. Consideran la difusión como el proceso por el cual las innovaciones se extienden a los miembros de un sistema social. Los estudios de difusión se refieren a mensajes que son ideas nuevas, mientras los de comunicación abarcan todos los tipos de mensajes. En el caso de la difusión, como los mensajes son nuevos, hay un grado de riesgo para el receptor. Por eso, cuando se reciben innovaciones, la conducta es diferente de cuando se reciben mensajes con ideas rutinarias.

Los estudios de difusión suelen diferir en otro aspecto de las demás investigaciones de comunicación. El objetivo de las investigaciones de difusión suele consistir en efectuar cambios de conducta manifiesta, es decir, en adoptar o rechazar ideas nuevas, sin confinarse modificar sólo conocimientos o actitudes. En las campañas de difusión, los efectos de conocer y persuadir son sobre todo etapas intermedias del proceso de decidir del individuo, que culminará finalmente en un cambio de conducta manifiesta.

Al concentrar sus esfuerzos sobre las ideas nuevas, los investigadores de difusión han alcanzado a comprender con más amplitud el proceso de comunicación en general. Antes de indagarlo los estudiosos dedicados a la difusión de innovaciones no se había desarrollado con claridad conceptual la noción de la afluencia de

comunicaciones como proceso de etapas múltiples. En lugar del primer postulado excesivamente simple de las dos etapas, se descubrió que las ideas nuevas suelen extenderse desde su fuente al público de receptores por vía de una serie de transmisiones sucesivas. Siguiendo las huellas en el tiempo de las pautas de comunicación, esos investigadores ampliaron el repertorio conceptual de sus estudios de comunicaciones. Antes de que los especialistas en difusión comenzaran a estudiar la afluencia de comunicaciones, se desconocían los papeles desempeñados por los diversos canales de comunicación en las etapas del proceso de decisiones innovadoras (Van den Ban, 1964). Concretamente, se descubrió que los canales de medios masivos suelen ser más importantes para crear conciencia del conocimiento de una idea nueva y que los canales entre personas sirven mejor para cambiar actitudes ante las innovaciones.

Rogers y Shoemaker (1971) indican que la recepción de la innovación por un individuo genera una necesidad de tomar una decisión acerca de si se debe, o no de adoptar. El proceso de toma de decisión no es un acto instantáneo, es muy por el contrario un proceso que ocurre a lo largo del tiempo y que transcurre a lo largo de cinco actividades. La mayoría de los investigadores en la teoría de la difusión mencionan estos cinco pasos por los que suele pasar un individuo a la hora de adoptar/rechazar una innovación dada.

1. **Conocimiento** - Es el primer paso del proceso y comienza cuando el individuo tiene en conocimiento la existencia, no sólo de la innovación, sino que también de cómo funciona. Esta etapa es importante en la distinción de individuos que adoptan en etapas tempranas de la difusión, con respecto a los que las adoptan en etapas ya más maduras.
2. **Persuasión** - En esta etapa el individuo se forma una opinión favorable, o desfavorable acerca de la innovación.
3. **Decisión** - Es la etapa en la que el individuo inicia una serie de actividades con el objeto de adoptar, o rechazar la innovación. Si decide rechazarla, las dos etapas posteriores no se ejecutan.

4. **Implementación** - Tras aceptar la innovación, la pone en uso dentro de las actividades cotidianas.
5. **Confirmación** - Es una actividad en la que un individuo busca refuerzo sobre la decisión ya tomada.

Uno de los principios obvios de la comunicación humana dice que la transferencia de ideas ocurre con frecuencia tanto mayor cuanto más se asemejen la fuente y el receptor, o sea, cuanto mayor sea su grado de homofilia. La homofilia es una medida de la semejanza respecto de ciertos atributos de parejas de individuos en interacción. Tales atributos pueden ser creencias, valores, educación, status social y, así por el estilo. En situaciones de elección libre, cuando la fuente puede entrar en interacción con cualquiera de varios receptores, se produce una fuerte tendencia a seleccionar el receptor más parecido a ella.

Uno de los problemas distintivos de la comunicación de innovaciones consiste en que la fuente y el receptor suelen ser muy heterófilos por ejemplo, el agente de extensión es mucho más competente desde el punto de vista técnico que sus clientes campesinos. Con frecuencia eso conduce a Comunicación ineficiente, porque uno y otros no hablan el mismo lenguaje. De hecho, cuando la fuente y el receptor son idénticos respecto de la comprensión técnica de la innovación, no queda nada por difundir. Por lo tanto, en la misma naturaleza de la difusión radica el requisito de existir por lo menos una cierta medida de heterofilia entre fuente y receptor. En condiciones idóneas serán homófilos en las demás variables (educación, nivel social, etc.), pero heterófilos respecto la innovación. En la realidad, la fuente y el receptor acusan heterofilia en todas esas variables, pues la competencia como innovadores se relaciona estrechamente con los niveles educativo, social y demás.

3.2.1 La capacidad de innovar y las categorías de adoptantes

Según Rogers y Shoemaker (1971) las cinco categorías de adoptantes definidas en esta sección son tipos ideales, es decir, concepciones basadas en la observación de la realidad y construidas a fin de efectuar comparaciones. Los tipos ideales desempeñan la

función de guiar los esfuerzos experimentales y conferirles un marco de referencia para sintetizar sus resultados.

A continuación Rogers y Shoemaker (1971) describen las características y valores subculturales dominantes dentro de cada clase de adoptantes, sobre las cuales proponen generalizaciones más minuciosas.

3.2.1.1 Los innovadores: aventureros

Los observadores indican que la aventura reviste proporciones casi de obsesión para los innovadores. Siempre ansiosos de ensayar novedades, sus intereses los apartan del círculo local de sus congéneres y los conducen a establecer relaciones más cosmopolitas. No es nada raro observar pautas de comunicación y amistad entre los innovadores, aun cuando los separen grandes distancias. Para ser innovador es preciso cumplir algunos requisitos previos. Entre ellos se cuentan el control de cuantiosos recursos financieros a fin de absorber las pérdidas causadas por innovaciones sin provecho y una capacidad de entender y aplicar conocimientos técnicos complicados. El valor sobresaliente de los innovadores es la aventura. Desean los riesgos, las dificultades, los peligros, los actos temerarios. El innovador también deberá tener buena disposición de aceptar fracasos ocasionales en los casos en que una de las novedades acogidas no resulta afortunada.

3.2.1.2 Los primeros adoptantes: respetables.

Los primeros adoptantes están más integrados al sistema local que los innovadores. Los innovadores son cosmopolitas; los primeros adoptantes son localistas. En esta categoría de adoptantes encontramos más líderes de opinión que en ninguna otra dentro de casi todos los sistemas sociales. Los adoptantes potenciales consultan a los primeros adoptantes y les piden consejos e información sobre la nueva idea. Muchos individuos consideran un primer adoptante como el hombre que se debe consultar antes de usar una innovación. En general, los agentes de cambio acuden a esta categoría para conseguir misioneros

locales que aceleren el proceso de difusión. Como los primeros adoptantes no distan demasiado del individuo promedio en el renglón de capacidad de innovar, actúan como modelo para muchos miembros del sistema social. Los primeros adoptantes gozan del respeto de sus prójimos, y personifican el concepto de usar nuevas ideas con éxito y discreción. Además, las adoptantes iniciales saben que debe conservar la estima de sus prójimos para mantener su posición en la estructura social.

3.2.1.3 La primera mayoría: deliberantes

La primera mayoría acepta ideas nuevas apenas un poco antes que los individuos promedio del sistema social. Los miembros de la primera mayoría suelen interactuar como sus congéneres, pero raramente ocupan posiciones de liderazgo. La ubicación de la primera mayoría como eslabón del proceso difusivo entre los primeros y los postreros adoptantes del confiere gran importancia. La primera mayoría suele deliberar durante algún tiempo antes de acoger totalmente una nueva idea. En ellos, el periodo de decisión sobre innovar es relativamente mayor que el de los innovadores y los primeros adoptantes. El lema de un individuo de esta clase podría rezar: Ni el último en abandonar lo viejo, ni el primero en ensayar lo nuevo. Son seguidores deliberados y voluntariosos, pero raras veces guías.

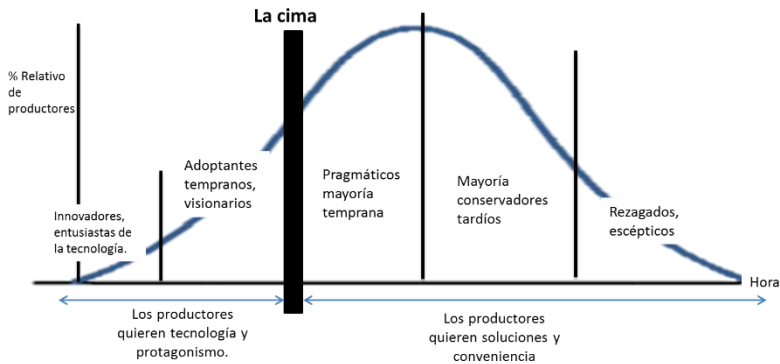
3.2.1.4 Mayoría tardía: escépticos

La mayoría tardía adopta novedades un poco después del individuo promedio del sistema social. La adopción puede constituir una necesidad económica o responder a presiones sociales. Se asume ante las innovaciones un aire de desconfianza y cautela, y la mayoría tardía no suele adoptar hasta después de haberlo hecho casi todos sus congéneres en el sistema social. Las normas del sistema deben inclinarse muy claramente por la innovación antes de contar con la convicción de la mayoría tardía. Aunque se les logre persuadir de la utilidad de algunas novedades, les resulta indispensable la presión de sus congéneres para motivar la adopción.

3.2.1.5 Rezagados: tradicionales

Los rezagados son los últimos en adoptar una innovación. Carecen casi por completo de liderazgo de opinión. Son los más localistas en sus puntos de vista; muchos viven aislados. Para estos rezagados, la única referencia es el pasado, y suelen tomar sus resoluciones con el criterio de lo que ha realizado en las generaciones anteriores. Cuando los rezagados adoptan finalmente una innovación, puede haberse superado ya por otra idea, más reciente, que los innovadores estén usando. Los adoptantes rezagados tienden a abrigar abiertas sospechas en torno de las innovaciones, los innovadores y los agentes de cambio. Sus orientaciones a la tradición entorpecen en gran medida el proceso de decisión innovadora. La adopción queda muy atrás de la noticia. En una buena parte de la visión del mundo de los rezagados se manifiesta una alienación de un ambiente que se mueve con demasiada rapidez. La mayor parte de los individuos de un sistema social contemplan el camino de cambio del porvenir; en cambio, el rezagado no aparta sus ojos del espejo retrovisor.

La Figura 3.3, ilustra que al alcanzar el 16 por ciento de adopción (innovadores y primeros adoptantes), se alcanza la cima de los esfuerzos de las instituciones que transmiten innovaciones, luego de esa cima son los sistemas sociales los que difunden la innovación dentro de su sistema social. Importante es el tiempo en que se alcanza a los innovadores y primeros adoptadores, ya que ellos apoyaran la difusión y adopción de las innovaciones con lo que el retardo en el uso de las innovaciones será menor (Alston *et al.*, 1995). Las características de los primeros adoptadores de ser localista, líderes de opinión, consejeros ante las nuevas ideas, ser misioneros locales que aceleren el proceso de difusión y gozar de respeto, hacen de ellos ser valiosos agentes de cambio para difundir las innovaciones y acelerar la adopción.



Fuente: Rogers y Shoemaker, 1971

Figura 3.3. Distribución normal de las categorías de adoptadores, y la separación en base a sus deseos de acuerdo al tiempo de adopción

3.2.2. Características de las innovaciones que influyen en la adopción

Rogers y Shoemaker (1971) indican que la adopción es una toma de decisión personal, pero influenciada y facilitada por la ventajas que ofrecen las nuevas innovaciones. Mientras la innovación de las matemáticas modernas sólo ha necesitado de cinco o seis años para alcanzar una adopción total, una idea como la de enseñanza de equipo podrá tardar varias décadas para llegar a niveles de utilización extendida. Las características de las innovaciones, según las perciben los receptores, modifican sus tasas de adopción. Alston *et al.* (1995) mencionan que el atraso en la adopción de las innovaciones tiene implicaciones en las evaluaciones financieras, sugieren que los análisis de rentabilidad de las investigaciones se realicen entre 20 a 30 años después de iniciar estas investigaciones.

3.2.2.1. La ventaja relativa

Es el grado de superioridad percibido en la innovación respecto de la idea que supera. Se puede medir la ventaja relativa en términos económicos, pero los factores de prestigio social, conveniencia y satisfacción revisten también importancia. Influye poco

el que la innovación tenga grandes ventajas objetivas. En cambio, es crucial que el individuo perciba la innovación como ventajosa. Cuanto mayor sea la ventaja relativa que se percibe en la innovación, tanto más rápida será la tasa de adoptarla. En el caso de caña de azúcar el uso de madurantes químicos, que ayudan a la concentración de sacarosa, es una innovación adoptada en poco tiempo.

3.2.2.2.La compatibilidad

Es el grado percibido de consistencia entre la innovación y los valores existentes, las experiencias anteriores y las necesidades de los receptores. No se adoptarán con la misma rapidez una idea incompatible con los valores predominantes y las normas del sistema social y otra que sí lo es. Para acoger una innovación incompatible, se suele requerir de la adopción previa de un nuevo sistema de valores. Un ejemplo de innovación incompatible es el uso del DAIU (dispositivo anticonceptivo intrauterino) en los países donde la fe religiosa impide el uso de técnicas como esa para impedir nacimientos. En caña de azúcar la programación de riego, necesita de sistemas de riego adecuados para implementarla.

3.2.2.3.La complejidad

Es el grado percibido de dificultad en la comprensión y el uso de una idea nueva. Los miembros de un sistema social entenderán fácilmente algunas innovaciones, pero no otras; las que corren con menos fortuna serán adoptadas con más lentitud. Por ejemplo, el método del ritmo para la planificación familiar resulta relativamente complicado para la mentalidad de casi todas las amas de casa campesinas, pues precisa entenderse el proceso de reproducción humana y el ciclo mensual de ovulación. Por eso, los intentos de introducir el método del ritmo para planificar la familia en los pueblos de la India han tenido mucho menos éxito que las campañas por difundir una especie de DAIU, que a los ojos del receptor reviste menos complejidad). En general, cuando el aprendizaje adicional requerido del receptor sea pequeño, las ideas nuevas podrán adoptarse más

rápidamente que las innovaciones para cuya adopción se deben formar nuevas habilidades y comprensiones. En caña de azúcar la disminución de dosis de nitrógeno en plantía, para aplicar la tecnología se requiere de pocos cambios, por lo que su adopción fue en poco tiempo.

3.2.2.4. La experimentabilidad

Es el grado en que puede ensayarse una experimentación sobre bases restringidas. En general, será más rápida la adopción de innovaciones experimentables por partes que la de ideas nuevas indivisibles. Rogers y Shoemaker (1971) mencionan que Ryan y Gross (1943) observaron que ninguno de los granjeros de Iowa a quienes entrevistaron adoptaba el maíz híbrido para sembrar sin probarlo antes sobre bases parciales. De no haberse podido ensayar la nueva semilla, la tasa de adopción habría sido mucho más lenta. En esencia, una innovación experimentable representa menos riesgo para el individuo que la estudia. En el desarrollo de las variedades y tecnologías que realiza CENGICAÑA, se instalan conjuntamente con especialistas de los ingenios en las áreas comerciales que ellos deciden, esto ha incidido que adopción en poco tiempo de variedades y tecnologías.

3.2.2.5. La observabilidad

Es el grado de visibilidad de los resultados de una innovación para los otros.: Cuanto más fácil sea para el individuo ver los resultados de una innovación, tanto mayor será la probabilidad de adoptarla. Por ejemplo, un organismo de asistencia técnica de Bolivia introdujo en un pueblo una nueva variedad de maíz, Antes de transcurrir dos años, la demanda local por la semilla excedía ampliamente de las existencias de ella. Casi todos los agricultores eran analfabetas, pero observaban los espectaculares resultados del maíz nuevo y eso los persuadía de adoptar. En los Estados Unidos, un raticida que mataba las ratas dentro de sus madrigueras acusaba mucha lentitud de difusión entre los agricultores, porque sus resultados no eran visibles. Las ventajas que ofrecen las

nuevas variedades de caña de azúcar que son observadas por los usuarios han incidido en la adopción de éstas en poco tiempo.

Los cinco atributos que acabamos de describir no forman una lista completa, pero son las características más importantes de las innovaciones relativas a las tasas de adopción, de acuerdo con los estudios realizados.

Una vez nacida la innovación con sus atributos, la fuente deberá comunicarse con los receptores si se abrigan intenciones de extender la idea nueva a personas diferentes del inventor.

El ritmo de adopción, se define como la relativa velocidad con que una innovación es adoptada por los miembros de un sistema social. Se mide por el número de individuos que adoptan una idea en un período determinado de tiempo, indicador numérico que afecta a la curva de adopción de una innovación (Rogers y Shoemaker, 1971)

Rogers y Shoemaker (1971) definen la tasa de adopción como el número de miembros de una sociedad que comienzan a usar una nueva tecnología o innovación durante un período específico de tiempo. La tasa de adopción es una medida relativa, lo que significa que la tasa de un grupo se compara con la adopción de otro, a menudo de toda la sociedad. Los atributos de una innovación que afectan la tasa de adopción incluyen la ventaja creada al adoptar la innovación, la facilidad con la que se puede adoptar la innovación en la vida cotidiana, la capacidad de otros miembros de la sociedad para ver a aquellos que ya han adoptado la innovación y el gasto asociado con probar la innovación.

La tasa de adopción es parte de la difusión de la teoría de innovaciones, que busca explicar cómo el uso de nuevas tecnologías, procesos e innovaciones se extiende a través de una sociedad, y por qué son adoptados por métodos antiguos.

Un factor importante que influye en la tasa de adopción es el tipo de sociedad que se introduce en una innovación, ya que es menos

probable que las sociedades cerradas y sin comunicación clara entre los adoptantes y los no adoptantes adopten una nueva tecnología.

Pérez y Terrón (2004) en el estudio La teoría de la difusión de la innovación y su aplicación al estudio de adopción de recursos electrónicos por los investigadores de la Universidad de Extremadura, concluyeron que el modelo planteado por Rogers y Shoemaker (1971) resulto de gran utilidad en la planificación de servicios de información, ya que permitió determinar una tipología de usuarios, y las actitudes y percepciones de los mismos respecto a una innovación en un sistema social. Por lo que la aplicación del modelo a la adopción de recursos electrónicos por los investigadores en la Universidad de Extremadura les permitió llegar a una serie de conclusiones.

3.3.LOS COSTOS Y PRORRATEO

En todo proyecto de inversión, para poder realizar el análisis financiero del mismo, es básico considerar los costos e ingresos. Así dependiendo del tiempo, el proyecto puede ser ex-ante, para ese caso los costos e ingresos deberán estimarse a futuro; si es mid-term, los costos e ingresos se recolectan para el periodo ya realizado y se estiman para el futuro; y en análisis ex-post, los datos de costos e ingresos se recolectan después de terminar la ejecución del proyecto. En todos los casos los costos e ingresos deben actualizarse a valor presente neto, luego de lo cual se pueden aplicar las herramientas de análisis financieras, que definen la viabilidad del proyecto.

3.4.ZONAS DE PRODUCCIÓN

La investigación en finca tiene como objetivo, generar innovaciones para incrementar los ingresos de los productores, vía incremento de la producción y/o ahorro de insumos. Las innovaciones (tecnologías) generadas van dirigidas para un grupo de productores con características similares en clima, suelo, tipo de agricultura, económicas e intereses.

Los resultados obtenidos tienen que ser consistentes en el tiempo y espacio para propiciar que la adopción alcance tasas de adopción aceptables.

3.4.1 Zonificación agroecológica

La zonificación agroecológica, es una herramienta de clasificación de regiones homogéneas en suelo y humedad, que han desarrollado el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia CENICAÑA y el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar CENGICAÑA. Carbonell, Quintero, Torres, Osorio, Isaacs, y Victoria (2011) indican que como objetivo la zonificación agroecológica es definir zonas homogéneas caracterizadas por factores biofísicos de largo plazo relativamente estables, en los cuales se espera que la respuesta del cultivo sea homogénea en términos de productividad. Así mismo se considera como una herramienta multifuncional que contribuye científicamente en la gestión de proyectos de desarrollo de tierras a escala predial, local y regional.

Carbonell et al. (2011) indica que los factores considerados para la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica de la zona cañera del valle del Cauca, Colombia fueron:

- a. Balance hídrico regional
- b. Estudio detallado de suelos y capacidad de uso de las tierras sembradas con caña de azúcar.
- c. Grupos de humedad
- d. Grupos homogéneos de suelos.

Para la definición de zonas agroecológicas se utilizó los grupos de suelos y grupos de humedad. Se definieron 33 grupos de suelos y seis grupos de humedad, que al combinarlos definieron 156 zonas agroecológicas.

Las aplicaciones que CENICAÑA hace de la zonificación agroecológica es: promover la estrategia de agricultura específica por sitio (AEPS), para la formulación de proyectos de investigación,

desarrollo tecnológico, validación y transferencia de tecnología, en la definición de recomendaciones con enfoque AEPS y en el monitoreo de resultados.

En Guatemala Villatoro, Pérez, Suarez, Castro, Rodríguez y Ufer (2010), indican que el objetivo de la zonificación agroecológica de la zona cañera de Guatemala es obtener unidades cartográficas definidas en términos de clima, fisiografía, y suelos y/o cubierta de tierra, y que tiene un rango específico de limitaciones y potencialidades para el uso de la tierra.

Los factores considerados para definir las zonas agroecológicas fueron:

- a. Balance hídrico
- b. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera
- c. Grupos de isobalance
- d. Grupos de manejo de suelos

Para definir las zonas agroecológicas se identificaron 13 grupos de manejo de suelos y cinco grupos de isobalance, que al combinarlos proporcionaron 44 zonas agroecológicas.

Las aplicaciones definidas a esta zonificación son, ubicación de variedades, análisis de productividad, manejo agronómico e investigación.

3.4.2. Zonas de producción

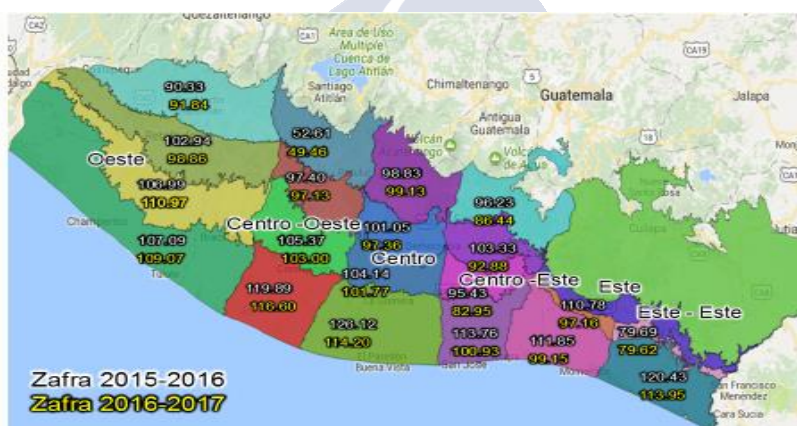
Meneses y Galiego (2017) indican que las zonas de producción fueron definidas en el cultivo de caña de azúcar, bajo los criterios de altitud (metros sobre el nivel del mar msnm), división longitudinal, temperatura, tipo de suelo, y el potencial de producción.

Las zonas definidas son 20, dada por la combinación de cuatro estratos altitudinales (alto > 300 msnm; medio de 100 a 300 msnm; bajo

de 40 a 100 msnm y litoral de 0 a 40 msnm) y la división longitudinal en cinco (este, centro este, centro, centro oeste y oeste).

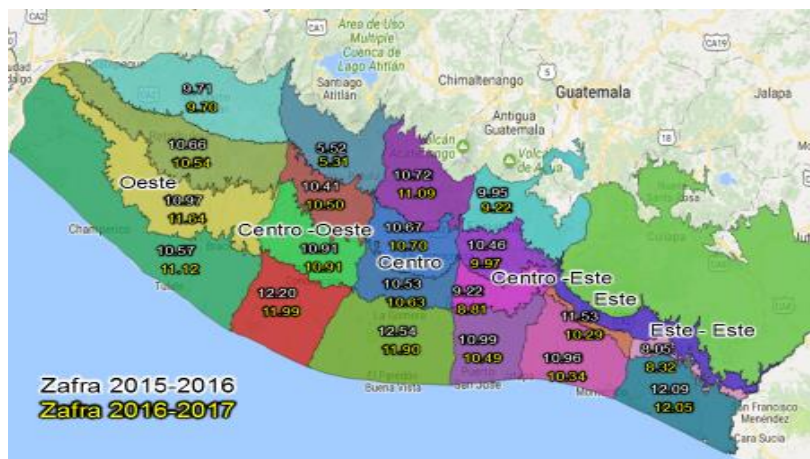
Esta división en zonas de producción es la utilizada para definir los proyectos de investigación, comparaciones de productividad y es la base para definir los techos de adopción de las variedades y tecnologías desarrolladas.

En las Figura 3.4 y 3.5 se observa la productividad en toneladas de caña por hectárea TCH y toneladas de azúcar por hectárea TAH en estas 20 zonas definidas en las zafras 2015/2016 y 2016/2017. En las figuras se observa como la productividad en TCH y TAH se ven influenciadas por los factores de clasificación definidos.



Fuente: Meneses, 2017

Figura 3.4. Comparación de productividad de TCH en las zonas de producción de la AIA de Guatemala, zafras 2015/2016 y 2016/2017



Fuente: Meneses, 2017

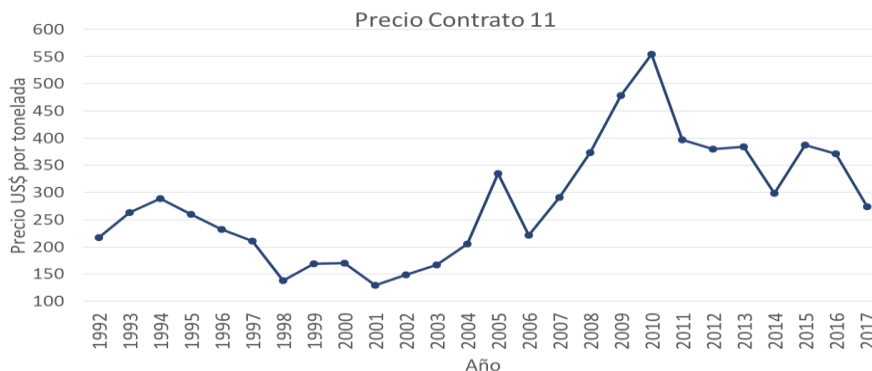
Figura 3.5. Comparación de productividad de TAH en las zonas de producción de la AIA de Guatemala, zafra 2015/2016 y 2016/2017

3.5. EL MERCADO DEL AZÚCAR

Del azúcar de caña producida en Guatemala, en los últimos cinco años, se exporta entre el 70 al 73 por ciento a diferentes mercados donde se comercializa el azúcar, y en los cuales varía el precio de venta. En 2017, de las 2,651,976 toneladas de azúcar producidas, se exportaron 1,845,959 toneladas, el 69.6 por ciento y el restante 30.4 por ciento se comercializó dentro de Guatemala (Meneses y Melgar, 2017). La producción se comercializó en los siguientes mercados:

- El 30.4 por ciento en el mercado nacional
- El 5 por ciento a la cuota del mercado de Estados Unidos, Contrato No. 14.
- El 34.6 por ciento al mercado del Contrato No. 11 y
- El 30 por ciento al mercado del Contrato No. 16.

El precio del azúcar en los contratos internacionales es variable, dependiendo en gran medida de la producción y el consumo, en la Figura 3.6 se observa el comportamiento del precio en los Contratos No. 11 de azúcar cruda en centavos de US\$ por libra inglesa.



Fuente: ASAZGUA, 2018

Figura 3.6. Precio del azúcar en el periodo 1992 a 2017, Contrato No. 11

CENGICAÑA desde la elaboración del primer Plan Estratégico del periodo 1995-2000, consideró el precio del azúcar en el mercado mundial, como la principal amenaza debido a que Guatemala exportó en el periodo 1992/1993 a 2016/2017 entre el 66 al 74 por ciento del total de azúcar producida, y de este porcentaje la mayoría es vendida en el Contrato No. 11, el cual ofrece los menores precios. Producto de los bajos precios de 1998 a 2004 en el Contrato No. 11, en 1998 a CENGICAÑA le fue recortado el presupuesto lo cual afectó dos áreas del Centro que no ejecutaron investigación al no tener el especialista del área, estas áreas fueron de 2000 a 2001 Riegos y de 1999 a 2007 Malezas y Madurantes.

A nivel mundial de acuerdo a USDA Sugar, World Markets and Trader (2018) entre 2013/2014 a 2017/2018 se exporta entre el 31 al 35 por ciento de la producción de azúcar, de esta azúcar destinada a comercio internacional su comercialización es por Mercado de Futuros del Azúcar. La Pontificia Universidad Católica de Chile (2009), analiza las características de los Contratos No. 5, 11, 14 y 16 donde se comercializa el azúcar a nivel mundial

• Contrato No. 5 de la Bolsa de Opciones y Futuros de Londres (LIFFE)

Es un instrumento financiero transado en la Bolsa de Opciones y Futuros de Londres (LIFFE), mediante el cual se comercializa compromisos de vender o comprar a un precio determinado un tipo estandarizado de azúcar refinada (blanca) de remolacha o de caña.

El azúcar transado bajo este tipo de contrato debe ser azúcar blanca cristalizada de remolacha o de caña, con un promedio de polarización de 99.8 grados, una humedad máxima de 0.06 por ciento y un máximo de 45 unidades de color ICUMSA. Debe estar en envasado en bolsas de yute forradas de propileno, de 50 kg netos. Las cotizaciones de este contrato son diarias y el instrumento es transado en dólares de los Estados Unidos por tonelada.

El precio de cierre del contrato de futuros No. 5 es el más usado a nivel mundial como referencia para fijar los precios de los contratos en el mercado físico del azúcar refinado.

•Contrato futuro No. 11 de la Bolsa de Futuros de Nueva York

En el Contrato No. 11 se transa azúcar cruda de caña a granel, a precio FOB, proveniente de 28 países productores, Argentina, Australia, Barbados, Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, El Salvador, Ecuador, Estados Unidos, Filipinas, Islas Fiji, Antillas Francesa, Guatemala, Honduras, India, Jamaica, Malawi, Mauricio, México, Nicaragua, Perú, Sudáfrica, Suazilandia, Taiwán, Tailandia, Trinidad, y Zimbabue.

La Bolsa de Nueva York opera en base a precios de azúcar centrifugado con un promedio de polarización de 96 grados. La cotización se hace en centavos americanos por libra inglesa. Cada contrato tiene un volumen de 50.8 toneladas métricas de azúcar y los meses de contrato cotizados son enero, marzo, mayo, julio y octubre.

El mercado de este contrato mueve grandes volúmenes de azúcar lo que se traduce en una mayor liquidez que en el Contrato No. 5, debido porque el mercado de transacciones de azúcar crudo es más grande que el azúcar refinado y, porque hay un gran número de especuladores que participan en este mercado.

- **Contrato futuro No. 14 de la Bolsa de Futuros de Nueva York**

Bajo el contrato No. 14 se transa azúcar cruda de caña a granel a precio CIF más impuestos, desde puertos designados de los Estados Unidos, (New York, Baltimore, New Orleans, Galveston y Savannah).

Al igual que en el Contrato No. 11, para el Contrato No. 14 la Bolsa de Nueva York opera a precios de azúcar centrifugada con un promedio de polarización de 96 grados. Los meses de cotización son enero, marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre.

El azúcar transado en este contrato proviene de la producción interna de azúcar de caña y de las cuotas de importación de azúcar cruda que tiene el gobierno americano para azúcar proveniente de países como Australia, México, Colombia, Guatemala, Fiji, entre otros.

- **Contrato futuro No. 16**

Bajo el contrato No. 16 se transa azúcar blanca refina bajo el escenario de excedentes mundiales y China como mayor importador

El azúcar transado bajo este tipo de contrato debe ser azúcar blanca cristalizada de caña, con un promedio de polarización de 99.8 grados, una humedad máxima de 0.06 por ciento y un máximo de 45 unidades de color ICUMSA. Debe estar en envasado en bolsas de yute forradas de propileno, de 50 kg netos.

3.6. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Según Alston, Norton y Pardey, (1995), los estudios de rentabilidad de la investigación iniciaron en 1940 cuando un grupo de estudiantes del Departamento de Agricultura de la Universidad de Chicago iniciaron a explorar cuantitativamente los factores que han incidido en el crecimiento de la producción agrícola. Esta investigación inicial reveló que el crecimiento de la producción agrícola en los Estados Unidos solo podría explicarse parcialmente por el crecimiento de insumos tradicionales como la tierra, mano de obra, capital, e insumos operativos como se medía tradicionalmente. Por lo que un primer paso fue asociar este crecimiento con el cambio técnico y atribuir el cambio técnico a la investigación agrícola. Esto provocó un extenso debate que duró hasta finales de los años 60 sobre la importancia relativa del cambio técnico incorporado en los insumos y los nuevos conocimientos derivados de la educación y la experiencia.

A principios de los años 70, la metodología desarrollada para medir las tasas de retorno a la investigación agrícola y al capital humano se estaba extendiendo al proceso de planificación de la investigación y asignación de recursos a ésta, con enfoques más intuitivos, como los métodos de puntuación o la congruencia entre los gastos de investigación y el valor de la producción.

Alston *et al* (1995), indican que la disminución de apoyo a la investigación en el entorno económico más restringido de la década de 1980 representó una fuente adicional de demanda para una planificación y gestión de investigación más efectiva. A ese respecto Jewell y Wunsch-Vincent (2017) indican que a partir de la crisis financiera mundial de 2009, el crecimiento de la investigación y desarrollo descendió.

Alston, *et al.* (1995) indican que los recursos para la ciencia agrícola son escasos. A nivel mundial, se les está pidiendo a los sistemas de investigación públicos agrícolas que hagan más con menos. Cada vez más, se solicita a los administradores de investigación que proporcionen evidencia de que los costos de sus operaciones están justificadas por los beneficios. Al mismo tiempo, las exigencias puestas

en la ciencia agrícola también están cambiando. a la ciencia agrícola se le está pidiendo contribuir al conocimiento y la tecnología y satisfacer las demandas de información sobre muchos temas nuevos: problemas ambientales, seguridad alimentaria y la calidad y el desarrollo rural, sin dejar de lado el trabajo tradicional.

Alston *et al.* (1995) indican que en cualquier caso, sin análisis económico, es difícil evaluar el valor social del conocimiento científico o nuevas tecnologías y para emitir juicios informados sobre las compensaciones en la asignación de recursos científicos escasos. Esto significa que los economistas tienen un papel cada vez mayor en la evaluación de la investigación y el establecimiento de prioridades, ya que los científicos biológicos no pueden proporcionar respuestas confiables a preguntas de valor económico. Los roles de los economistas y otros científicos son complementarios. Las opiniones de los científicos son necesarias para ayudar a definir las posibilidades de avanzar en el conocimiento o proporcionar nuevas tecnologías e información si se asignan recursos a programas específicos. El aporte de los analistas económicos es útil para estimar el valor económico de la investigación, incluida la distribución de beneficios y costos, y para asesorar a los encargados de tomar decisiones sobre los procedimientos para incorporar principios económicos al establecer prioridades y asignar recursos de investigación. Los economistas han logrado un progreso significativo en el desarrollo de métodos para la evaluación de la investigación y el establecimiento de prioridades, pero muchos analistas y administradores de la investigación no tienen un conocimiento práctico o apreciación de ellos.

A seguir se van a exponer algunos métodos de análisis de impacto financiero de la investigación agrícola más comúnmente utilizados y que constituyen la base de la investigación realizada.

3.6.1. Métodos de análisis del impacto financiero de la investigación

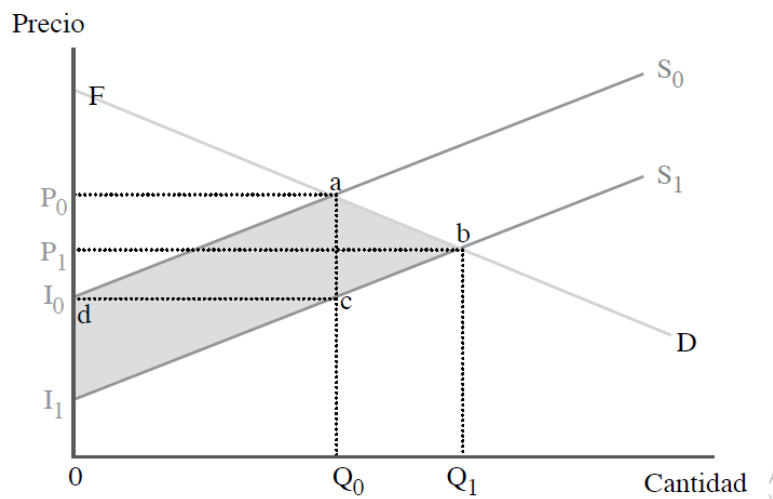
Los 3 métodos analizados a continuación a) Imputación contable del excedente económico; b) Econométricos y c) de Puntuación, son

los que Alston *et al* (1995), El Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (1996), Rodríguez Da Cruz (1992), y Valenzuela (1999), mencionan como los métodos más utilizados para analizar los impactos financieros de la inversión en investigación agrícola. Alston *et al* (2000) al evaluar 292 proyectos indican que los dos métodos principales que se han utilizado para evaluar los beneficios de la investigación son el de Imputación contable del excedente económico y el Econométrico.

3.6.1.1. El método de imputación contable del excedente económico

Según Alston *et al.* (1995) y Alston *et al.* (2000), el concepto del excedente económico es el método principal utilizado por la mayoría de los economistas para estimar los beneficios y costos de la investigación y transferencia de tecnología agrícola en los 292 proyectos evaluados. El método permite asignar beneficios de los excedentes económicos producto de la nueva tecnología al productor y el consumidor, producto de la adopción de la nueva tecnología (Dias y Sain, 2007).

Según el enfoque del excedente económico permite que se estime el beneficio económico generado por la adopción de innovaciones tecnológicas, comparado con una situación anterior en que la oferta del producto dependía de la tecnología tradicional. En la Figura 3.7, el área sombreada Q0 a Q1 representa el excedente.



Fuente: Alston *et al.* (1995)

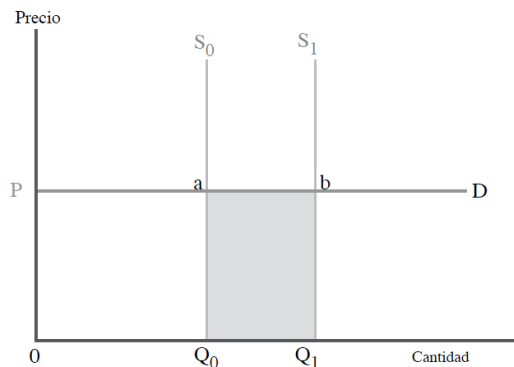
Figura 3.7. Excedente económico generado por la adopción de innovaciones tecnológicas.

Según Días y Sain (2007) para la estimación del excedente económico, se utilizan los coeficientes de elasticidad de precio de la oferta y de la demanda del producto evaluado, la tasa de desplazamiento de la curva de la oferta que resulta de la adopción de innovaciones tecnológicas, y los precios y cantidades ofrecidas. En los estudios de evaluación de impacto, la tasa de desplazamiento (K) de la curva de oferta ha sido calculada utilizando las diferencias de rendimiento entre las tecnologías en uso y las tecnologías mejoradas, creadas por la investigación y las respectivas tasas de adopción. Con base en datos anuales de la tasa “ K ”, de los precios y cantidades de los productos involucrados y de la tasa de adopción, se estiman los beneficios o excedentes económicos anuales generados por la investigación en el período analizado. En la medida en que el flujo de beneficios se relacione con los costos de la investigación, se puede evaluar la rentabilidad de las inversiones mediante la tasa interna de retorno (TIR), relación beneficio/costo (B/C) o valor actual neto (VAN).

En los países latinoamericanos se presenta la limitante de que muchas veces se desconocen los parámetros de la oferta y la demanda

de los productos que se evalúan, y por lo tanto se hace difícil aplicar el enfoque de excedentes económicos. En este sentido fue que se desarrolló el modelo de imputación contable del excedente económico, el cual se basa en la hipótesis de que la demanda agregada de la producción agrícola es perfectamente inelástica o vertical, Dias, Sain y Salles-Filho (2007) indican que esta hipótesis fue adoptada inicialmente por Tosterud *et al.* (1973) y después por Kislev y Hoffmam (1978). Así mismo fue usada en las evaluaciones de impacto económico hechas en EMBRAPA (Cruz *et al.*, 1982; Barbosa *et al.*, 1988, entre otras), quienes utilizaron una variante del concepto de excedente económico para el cálculo de los beneficios y se adoptaron hipótesis sobre la elasticidad de la oferta y la demanda diferentes de las usadas en la mayoría de los demás estudios realizados con base en este método. De esta forma el desplazamiento de la curva de la oferta hacia la derecha, como consecuencia de la adopción de los resultados de la investigación, no afecta el índice agregado de precios agrícolas, como se muestra en las Figuras 3.8 y 3.9.

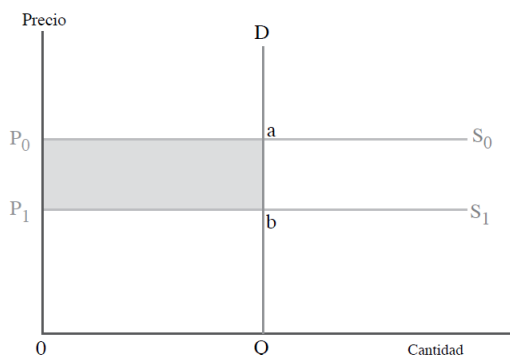
En el caso de aumentos de producción (Figura 3.8), ocurre el desplazamiento de la curva de oferta hacia la derecha (S_m) como consecuencia de la adopción de resultados de la investigación, y el precio del producto no es afectado ($P_t = P_m$). En este caso el desplazamiento se hace a lo largo de una curva de demanda horizontal.



Fuente: Alston *et al.* 1995

Figura 3.8. Excedente generado por innovaciones que aumentan la producción.

Por otra parte, en la otra hipótesis (Figura 3.9) se ahorran insumos (reducción de costos). Esto implica que la curva de oferta se desplaza horizontalmente y la curva de demanda es vertical (Alston *et al.* 1995). Los excedentes económicos generados en las dos hipótesis mostrados en las Figuras 3.8 y 3.9 corresponden, respectivamente, al aumento de producción (abQ_0Q_1) o a la reducción de costos (P_0aP_1b).



Fuente: Alston *et al.* 1995.

Figura 3.9. Excedente generado por innovaciones que reducen costos de producción.

Bajo los escenarios de las Figuras 3.8 y 3.9 los beneficios de la investigación quedan en manos de los productores. Alston *et al.* (1995) indican que los consumidores se benefician con la mayor disponibilidad de productos, pero no se apropian de los beneficios económicos de este modelo de análisis del excedente generado por la investigación.

Esta hipótesis de oferta y demanda agregada de productos agrícolas ha sido utilizada por EMBRAPA en todas sus evaluaciones de impacto social y económico de la investigación en Brasil. También ha sido usada para evaluar la rentabilidad de las inversiones de PROMECAFE por Rodríguez (1992) y del PROCIANDINO por Cruz da y Ávila (1992). Para evaluar la investigación en caña de azúcar fue usado por COPERSUCAR, Brasil por Rodríguez (1997); en el BSES, de Australia por Macleod (1994); en PLANALSUCAR, Brasil por Pinnazza, Gemente y Matsoukas (1984); y en Estados Unidos por Simmonds (1987).

Para la aplicación del método del excedente económico y evaluar la investigación y transferencia agrícola y como utilizar los resultados para establecer prioridades y asignar recursos de investigación, Alston *et al.* (1995) sugieren cinco pasos.

- a. Definición del problema, definir los objetivos para orientar las medidas relevantes de costos y beneficios.
- b. Compilación de los datos, para identificar la naturaleza, la magnitud y el tiempo de los cambios, inducidos por la investigación.
- c. Anillo de medida K, dado por el tamaño del cambio de oferta inducido por la investigación K.
- d. Análisis de los datos, para calcular los beneficios de la investigación y validar los resultados.
- e. Interpretación y uso de los resultados, es hacer que los resultados sean útiles, convertidos en estadísticas de las tasas de rendimiento y valores actuales netos.

De acuerdo al Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (1996), el método de excedentes económicos permite incorporar el factor tiempo en los desfases del desarrollo de la tecnología (generación, validación y transferencia de la tecnología), permite el cálculo de indicadores de eficiencia financiera (VAN, TIR, B/C), y permite conocer los costos de oportunidad, así mismo requiere de información por parte de expertos que demandan tiempo, requiere análisis interpretativo, y requiere tiempo de procesamiento.

3.6.1.2.Métodos econométricos

Los enfoques econométricos se han utilizado para relacionar las medidas de producción, ganancias o costos directamente con las inversiones basadas en investigación (y extensión). Usando estos métodos, la naturaleza y el alcance de los cambios en la tecnología resultante de las inversiones en la investigación se puede calcular junto con las medidas de ahorro inducido por la investigación en costos o ganancias en resultados. Las estimaciones de estos efectos

proporcionan indicadores generales del impacto de las inversiones de investigaciones anteriores, Alston *et al.* (1995).

El Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (1996), indica que los métodos econométricos permiten precisión en los resultados de asignación de recursos, proporciona medidas acerca de la consistencia de las variables y un análisis histórico de datos. En la práctica no han sido utilizados de manera generalizada ya que requieren gran cantidad de datos e información, es difícil su implementación y difícil su interpretación.

Reyes (1997) utilizó el enfoque de la función de producción para estimar la rentabilidad social de la investigación agrícola gubernamental en granos básicos; el caso del maíz en Guatemala, 1973-90, en el cual obtuvo una relación B/C de 6.06 y una TIR de 96.95%.

3.6.1.3. Métodos por puntuación

De acuerdo a Alston *et al.* (1995), los métodos de puntuación son adecuados cuando hay restricción en datos o recursos para hacer un análisis más completo, son aproximaciones simples de medidas de excedentes económicos. Son métodos que permiten conciliar varios objetivos con menos información. El término puntuación se ha asociado con métodos altamente subjetivos que carecen de rigor, sin embargo, incluso cuando se utilizan aproximaciones simples, los principios económicos de un análisis más formal no deben de abandonarse. Principios que deben orientar a la medición del impacto de la investigación y transferencia agrícola y a medidas que permitan establecer prioridades de investigación.

El Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (1996) indica que el método se aplica mediante consulta a un nivel de experto. El método se basa en fijar criterios de valorización sobre los que estará condicionada la decisión final, siendo estos criterios determinantes en función del peso asignado. Los expertos dan un puntaje a cada uno de los criterios definidos, arribándose a un ordenamiento de los mismos. El procedimiento puede enriquecerse utilizando variables cuantitativas

de indicadores relevantes, facilitando la asignación de puntajes en congruencia con la información cualitativa disponible.

El método es rápido y fácil, no requiere gran análisis interpretativo y puede abarcar objetivos múltiples, pero solo provee un orden de las proyectos, es altamente dependiente de opiniones subjetivas y no proporciona indicadores de eficiencia y la distribución de beneficios, Alston *et al.* (1995) y Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (1996).

3.6.2. Asignación de beneficios a la investigación y transferencia de tecnología

En esta sección se presenta lo que diferentes autores asignaron de beneficios a la investigación y transferencia de tecnología. Cuanto de los beneficios o excedente económico producto de la investigación y/o transferencia de tecnología debe asignarse a quienes hacen la investigación y transferencia, como producto del uso de las innovaciones tecnológicas generadas, validadas y transferidas a los productores.

Para el desarrollo de variedades de caña de azúcar, Edme, Miller, Glaz, Tai, y Comstock (2005) determinaron para el periodo 1968 a 2000, que de las ganancias obtenidas por el incremento en la producción en caña de azúcar en Florida, USA el 69 por ciento es atribuida al Programa de Mejoramiento de Canal Point, contribuyendo a un ingreso de US\$ 99 a 203 millones como ganancias adicionales en la economía de Florida. Mientras que para el desarrollo de variedades de trigo y frijol Díaz y Sain (2007) en el estudio de Evaluación de los impactos potenciales de los proyectos financiados por FONTAGRO, segunda y tercera convocatorias, asignaron el 50% de los beneficios a FONTAGRO en la obtención de nuevas variedades de frijol con mayor productividad y menor costo de producción y obtención de cultivares de trigo con resistencia durable a royas (hoja y estriada), de los proyectos Frijol voluble alto andino y Royas en trigo, respectivamente. En café Rodríguez (1992) en el proyecto de Mejoramiento genético los

beneficios se prorratean en 33 % para PROMECAFE, 33% para CATIE y 33% para los países (en Guatemala para ANACAFE, El Salvador para ISIC y Honduras para IHCAFE).

Rodríguez (1992), en el estudio sobre Evaluación del impacto económico de las inversiones en PROMECAFE 1978 a 1991, asignó a PROMECAFE el 30% de los beneficios calculados en Guatemala y Honduras y el 10% en El Salvador, en el programa Control de Roya, dicho prorratio lo atribuye a PROMECAFE, por sus acciones de capacitación en todos los países, contratación de especialistas de fuera de la región, intercambio de profesionales, documentación e información, seminarios, pruebas de validación, y actividades de transferencia.

Reyes (1997) en el estudio sobre Rentabilidad social de la investigación agrícola gubernamental en granos básicos: El caso del maíz en Guatemala, 1973-90, asignó el 50% de los beneficios de la investigación al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), por la generación y validación de variedades de maíz.

Pardey, Alston, Chan-Kang, Magalhaes y Vosti (2004), indican que normalmente las tasas de retorno de la inversión en investigación agrícola son altas, pero consideran que éstas pueden tener sesgos. En variedades estos sesgos pueden ser debidos a no reconocer en la distribución de beneficios al aporte de las instituciones internacionales e instituciones nacionales como fuente de las nuevas variedades. Al realizar un estudio entre 1981 a 2003, en EMBRAPA, Brasil, determinaron para las mejoras en las variedades de arroz de secano (*Oriza sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y soya (*Glicine max*) una relación beneficio costo de 78:1 (tasa interna de retorno del 85 %), al asignar todo el beneficio a EMBRAPA, pero al utilizar una regla de atribución geométrica basada en historial genético junto con evidencia cuantitativa se reduce a 16:1 (tasa interna de retorno del 38.7%). Definieron que los beneficios deberían dividirse entre tres actores.

1. Instituciones que operan de manera independiente, teniendo en cuenta de los efectos secundarios de las tecnologías tanto dentro como entre países.
2. Instituciones que colaboran en la investigación, tanto dentro como entre países y
3. EMBRAPA, considerando la asignación de gastos generales, tanto dentro de los centros como entre los centros y la sede central.

Para 1 y 2, los porcentajes definidos de los beneficios fueron 63.7, 67.3 y 76.7, para arroz, frijol y soja respectivamente. Para EMBRAPA 36.6, 32.7 y 23.3, para arroz, frijol y soja respectivamente.

3.6.3.Tasa de descuento

Es la tasa a la que se actualizan los valores futuros. En general, se considera aproximadamente equivalente al coste de oportunidad del capital (Banco Mundial, 2003).

Las tasas de descuento recomendadas por FAO son del 8 por ciento, aunque consideran valores entre el 6 al 12 por ciento como aceptables, el Banco Mundial sugiere tasas de descuento del 5 por ciento, mientras que al evaluar FONTAGRO uso el 6 por ciento. IICA (2013) uso el 3 por ciento de tasa de descuento para el periodo 2012 a 2021 (dato que corresponde al porcentaje de inflación en Estados Unidos).

Alston *et al.* (1995) Indican que cuando el análisis se realiza utilizando beneficios y costos expresados en términos de valor constante (es decir real), los economistas recomiendan que las tasa de descuento deben ser reales, ajustada a la inflación, la cual caerá en valores del 3 por ciento, valor que corresponde a una tasa de rendimiento libre de riesgo a largo plazo. Recomendán que en las inversiones públicas se debe utilizar tasas de descuento sin riesgo.

Alston *et al.* (2000) sugieren que de acuerdo a los 292 estudios de rentabilidad de la investigación analizada, para definir y medir las tasas de descuento éstas deben ser coherentes con las medidas de los beneficios y los costos. Determinaron que las tasas de descuento reales sin riesgo están típicamente en el rango del 2 al 5 por ciento, consideradas como el costo de oportunidad social. Aunque en algunos estudios las tasas de descuento usadas fueron bastante grandes, entre el 10 al 15 por ciento.

Reyes (1997), al evaluar la rentabilidad social de la investigación agrícola gubernamental en granos básicos: el caso del maíz en Guatemala, 1973-90 utilizó una tasa de descuento del 12.5 por ciento, para calcular los indicadores financieros.

3.6.4. Indicadores Financieros

Los indicadores financieros considerados en el estudio son, la tasa interna de retorno (TIR), la relación beneficio costo (B/C) y el valor actual neto (VAN)'. Adicionalmente se realizó el análisis de sensibilidad para dos variables independientes.

3.6.4.1. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Según Alston *et al.* (2000) la tasa interna de retorno TIR se define como la tasa de descuento que iguala el valor actual neto VAN a 0.

Para el Banco Mundial (2003) la tasa interna de un proyecto de inversión es la tasa de interés mediante la cual se iguala el valor actual de los ingresos a caja previstos para la inversión, con el valor actual de los egresos de caja previstos para la misma inversión. Representa la tasa de interés máxima que un inversor puede pagar, sin perder dinero por los fondos requeridos para financiar la inversión si la totalidad de los mismos fueran prestados y el préstamo (capital más intereses) tuviera que ser devuelto según fueran produciéndose los ingresos por la inversión. Una vez calculada la TIR de un proyecto, se la compara con la tasa estándar de referencia que fija la empresa. Si la

tasa del proyecto supera la estándar, el mismo se aprueba. Caso contrario, se rechaza.

Alston *et al.* (2000) al analizar 292 estudios de rentabilidad de la investigación entre 1958 a 1998, determinaron (1128 TIR seleccionadas y analizadas de 1886 establecidas) TIR entre -7.4 a 5645 por ciento, con promedios de 100 por ciento para estudios de investigación; 85 por ciento para estudios de extensión; 48 por ciento de investigación-extensión y 81 por ciento para todos los estudios combinados. Estos resultados presentan una asimetría positiva significativa, por lo que se procedió a calcular los valores de la mediana que son 48 por ciento para estudios de investigación; 62.9 por ciento para extensión; 37 por ciento investigación-extensión y 44.3 por ciento para todos los estudios combinados.

Conclusiones generales del estudio de Alston *et al.* (2000) son:

1. No hay evidencia que respalde la opinión de que la tasa de retorno a la investigación ha disminuido con el tiempo.
2. La tasa de retorno a la investigación puede ser mayor cuando la investigación se lleva a cabo en los países más desarrollados.
3. La tasa de rendimiento a la investigación varía según el enfoque problemático, de manera eso tiene sentido intuitivo, en general esperamos ver tasas de rendimiento menores cuando el ciclo del cultivo es más largo, y rendimientos significativamente menores a la investigación en recursos naturales (principalmente forestal), en comparación con otras categorías y mayores tasas de retorno a la investigación en cultivos anuales.
4. Se encuentra una tasa de rendimiento más baja en estudios que combinan la investigación y extensión en comparación con estudios que evalúan solo a la investigación.
5. Características de la evaluación de la investigación en sí misma, particularmente el alcance de la investigación que se evalúa y las elecciones sobre el rezago en la adopción, se encontró que tenían efectos importantes y sistemáticos sobre las tasas de retorno estimadas, y la mayoría de estos efectos son razonables.

Cuenya, Castanagro y Mariotti (1996) determinaron en la Estación Experimental Agrícola Obispo Colindres, de Argentina TIR entre 34.8 a 49 por ciento, para investigaciones agrícolas realizadas de 1943 a 1964; Pinnaza, Gement y Matzouka (1984), determinaron para PLANALSUCAR, TIR de 35.14 por ciento en investigaciones en caña de azúcar de la variedad NA86-79 en el periodo 1972 a 1982; en CENICAÑA, Colombia Vivas, Zuluaga y Castro (1992) determinaron TIR de 13.21 en investigaciones de nuevas variedades de caña de azúcar en el periodo 1990 a 2000; para el IMPA, México Rojas (1993) determino TIR del 35 por ciento para la inversión en mejoramiento genético en variedades de caña de azúcar.

Valenzuela (1997) en el estudio exente de la rentabilidad de la investigación en caña de azúcar en CENGICAÑA, en el periodo 1992 a 2007, determinó que para el Desarrollo y manejo de variedades una TIR de 50.93 por ciento; para Uso de madurantes una TIR > de 100 por ciento; para Manejo integrado de plagas una TIR de 67.45 por ciento; en Fertilización una TIR de 37.86 por ciento; Riegos una TIR de 16.59 por ciento y para CENGICAÑA una TIR de 59.54 por ciento.

Alston *et al.* (2000) indican de los posibles problemas de medición en los análisis de rentabilidad de la investigación.

1. Sesgo de selección, en los estudios expos, que pueden seleccionar solo los resultados exitosos.
2. Medición, cuando se define el aumento porcentual en productividad atribuible a la investigación, los datos experimentales aíslan efectos de otras variables.
3. Distribución del retraso, a menudo se restringe la longitud del retraso, en la investigación y adopción de las investigaciones.
4. Investigación de gestión de recursos naturales, debido a que sus impactos son difíciles de capturar en las medidas convencionales.

3.6.4.2. Valor Actual Neto

Alston *et al.* (2000) definen el Valor Actual Neto VAN, como el valor presente del flujo de beneficios netos. Indica que una inversión es rentable si el valor presente neto es positivo (en otras palabras si el valor presente de los beneficios excede el valor presente de los costos). Indican que generalmente el VAN se considera como la mejor medida para la mayoría de los propósitos. Dias y Sain (2007) definen el VAN como el beneficio económico generado por la institución, estación o programa (Bt) menos el costo de éste (Ct), actualizados a la tasa de descuento usada en el mercado. En general, en las evaluaciones se calcula el VAN para varias tasas de interés, de acuerdo con las tasas aplicadas por el mercado financiero.

El VAN de una inversión es la diferencia entre el valor actual de los ingresos y el valor actual de los egresos de caja correspondientes a la misma, a un tipo de interés determinado. Representa la máxima cantidad que podría pagar una empresa por la oportunidad de llevar a cabo una inversión sin perder dinero. La actualización de los movimientos de caja previstos para una inversión nos permite determinar si la misma tiene mayor rendimiento que los otros usos alternativos de la misma cantidad de dinero.

Ibarra *et al.* (2018), al comparar la producción de azúcar orgánica contra la tradicional en Jalisco, México, determinó un VAN de US\$ 12,674 para la producción orgánica y de US\$ 6,822 para la producción convencional de azúcar.

Bedoya y Pérez (2018) al realizar un estudio de prefactibilidad de producción de cacao (*Theobroma*), en Colombia, determinaron un VAN de US\$ 22,556

Valenzuela (1997) en el estudio exente de la rentabilidad de la investigación en caña de azúcar en CENGICAÑA, en el periodo 1992 a 2007, determinó que para el Desarrollo y manejo de variedades un VAN de US\$ 23,766,233; para Uso de madurantes VAN de US\$

6,363,636; Manejo integrado de plagas un VAN de US\$ 5,324,675; Fertilización un VAN de US\$ 5,064,935; Riegos un VAN de US\$ 519,480 y para CENGICAÑA un VAN de US\$ 41,119,090.

3.6.4.3.Relación Beneficio Costo

Alston *et al.* (2000), definen la relación Beneficio Costo B/C como una relación entre el valor presente de los beneficios y el valor presente de los costos, más que la diferencia entre ellos. Indican que una inversión es rentable, de acuerdo con el siguiente criterio, si la relación B/C es mayor que 1 (es decir, nuevamente, si el valor presente de los beneficios excede el valor presente de los costos). La relación B/C se calcula dividiendo el beneficio económico o social total (Bt) por el costo (Ct), actualizados a una misma tasa de descuento.

Reyes (1997), al evaluar la rentabilidad social de la investigación agrícola en maíz en Guatemala periodo 1973 a 1990, determinó una relación B/C de 6.06. Bedoya y Pérez (2018) al realizar un estudio de pre factibilidad de producción de cacao (*Theobroma cacao*), en Colombia, determinaron una relación B/C de 6.1. Rodríguez (1992) en el estudio sobre Evaluación del impacto de las inversiones en PROMECAFE de 1978 a 1991, determinó una relación B/C de 2.7. Dias y Sain (2007) al evaluar los impactos potenciales de los proyectos de investigación financiados por FONTAGRO de 1998 a 2002 en 14 países, determinaron al evaluar tres proyectos de investigación agrícola una relación B/C de 3.3.

Valenzuela (1997) en el estudio exente de la rentabilidad de la investigación en caña de azúcar en CENGICAÑA, en el periodo 1992 a 2007, determinó que para el Desarrollo y manejo de variedades una relación B/C de 9.23; para Uso de madurantes un B/C de 5.69; para Manejo integrado de plagas un B/C de 4.67: en Fertilización un B/C de 3.68; Riegos un B/C de 1.46 y para CENGICAÑA una relación B/C de 5.55.

Alston *et al.* (1995) menciona la siguiente relación, cuando la relación beneficio costo B/C es de 7:1, es consistente con una tasa de rendimiento del 35 por ciento anual.

3.6.4.4. Análisis de sensibilidad

De acuerdo al Banco Mundial (2003) el objeto del análisis de sensibilidad es la selección de las variables y parámetros «críticos» del modelo, es decir, aquellos cuyas variaciones, positivas o negativas, frente al valor utilizado como estimación óptima en la hipótesis de referencia tienen el efecto más pronunciado sobre la TIR o el VAN, por cuanto producen las modificaciones más importantes de dichos indicadores. Los criterios que han de guiar la elección de las variables críticas dependerán del proyecto considerado y deben analizarse minuciosamente caso por caso. Como pauta general, recomendamos la elección de aquellos parámetros cuya variación (positiva o negativa) en un 1% comporte una variación correspondiente del 1% (un punto porcentual) en la TIR o del 5% en el valor de referencia del VAN. A continuación se ilustra de manera esquemática el procedimiento que deberá seguirse para efectuar un análisis de sensibilidad:

- a) Determinar todas las variables utilizadas para calcular la producción y los consumos intermedios en los análisis financiero y económico, agrupándolas por categorías homogéneas.
- b) Identificar las posibles variables dependientes en relación determinística, que pueden generar distorsiones en los resultados y doble contabilización. Importante considerar que las variables estudiadas han de ser, en lo posible, independientes entre sí.
- c) Es aconsejable realizar un análisis cualitativo del impacto de las variables a fin de seleccionar aquellas que poseen una elasticidad escasa o marginal.
- d) Una vez seleccionadas las variables significativas, puede evaluarse su elasticidad mediante los oportunos cálculos, que resultarán más fáciles si se dispone de un sencillo programa informático para determinar la TIR y/o el VAN. Han de irse asignando distintos valores (superiores o inferiores) a cada una de

las variables y calcular cada vez la TIR o el VAN, anotando las diferencias (en valor absoluto y en porcentaje), frente a la hipótesis de referencia.

- e) Determinar las variables críticas con arreglo al criterio seleccionado.



4. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio sobre RENTABILIDAD EXPOST DE LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR BAJO CONDICIONES DE CULTIVO DE GUATEMALA (Caso CENGICAÑA 1992-2017) , fue definido a realizar en cuatro etapas, las cuales son:

1. Determinar los costos de inversión por área de investigación y proyectos desarrollados, en Variedades, MIP, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes;
2. Definición de variedades y tecnologías desarrolladas por área y proyectos, con sus resultados agronómicos y financieros;
3. Determinación de las zonas de producción para las cuales las variedades y tecnologías son apropiadas y recomendadas, para calcular el techo de adopción y la tasa y ritmo de adopción.
4. Análisis financiero de la información.

A seguir se procede a detallar la metodología empleada en cada una de las fases.

4.1. DETERMINAR LOS COSTOS DE INVERSIÓN POR ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y PROYECTOS DESARROLLADO EN VARIEDADES, MIP, FERTILIZACIÓN, RIEGOS, Y MALEZAS Y MADURANTES

Para la determinación de los costos de inversión, en el periodo 1992-2017, se revisó el porcentaje asignado por área en siete Planes Estratégicos de 2001 a 2015, CENGICAÑA (2001), CENGICAÑA (2003a), CENGICAÑA (2005), CENGICAÑA (2006), CENGICAÑA (2007), CENGICAÑA (2009), CENGICAÑA (2012), y CENGICAÑA (2015a) y se determinó el promedio asignado por área en este periodo.

En el cuadro 5.3 se presentan estos promedios definidos, que fueron los que se usaron de 1992 a 2017 y en el cuadro 5.6 se presentan los costos en US\$ para cada área de análisis y los del Centro por año en el periodo 1992 a 2017

En este porcentaje asignado del presupuesto por área se incluyen los costos directos e indirectos. Tomando como ejemplo la Ejecución Presupuestaria Consolidada de 2014 de CENGICAÑA (CENGICAÑA, 2015b), como costos directos las partidas analizadas son:

- Salario asignados y prestaciones del Personal profesional y técnico asignado por área
- Viajes
- Asesorías directas por área
- Combustible
- Vehículos y repuestos
- Seguros de vida, médico y de los vehículos
- Compras de materiales y equipo solicitados por área
- Compras de material experimental

Para los costos indirectos asignados se utilizó el prorratio, que de acuerdo a Cuevas (2010) es la aplicación de los gastos indirectos de producción a cada departamento conociéndose al final del periodo los gastos del departamento que mayor servicio ha otorgado a los productivos dentro de los que se consideran los siguientes:

- Dirección General (horas invertidas por área)
- Administración (horas invertidas por área)
- Laboratorio Agronómico (análisis realizados por área)
- Servicios de energía (en función de los kilowatts consumidos por área)
- Unidades de apoyo Biblioteca y Zonificación Agroecológica (horas invertidas por área)
- Comunicaciones (teléfono, internet)
- Servicios de vigilancia
- Seguros
- Mantenimiento de edificios y oficinas
- Suscripciones

4.2 DEFINICIÓN DE VARIEDADES Y TECNOLOGÍAS DESARROLLADAS POR ÁREAS Y PROYECTOS CON SUS RESULTADOS AGRONÓMICOS Y FINANCIEROS.

En esta sección se desarrolla la metodología empleada para seleccionar las variedades y tecnologías que fueron incluidas en el análisis financiero por área. La presente tesis considera las variedades y tecnologías que el centro de investigación define como aptas para ser liberadas y usadas en las áreas comerciales de los ingenios. De acuerdo con lo establecido en la Lista de Requisitos del Cliente, las variedades y tecnologías deben reunir las siguientes características.

- Cumplir con los requisitos establecidos por el cliente.
- Tener información documentada de los beneficios en productividad y financieros al ser usadas por el cliente.
- Tener definido para que grupo de productores es la recomendación de su uso, (zona de productividad, zona agroecológica, y/o estrato).
- Tener definido cuando aplique para que época de la zafra es recomendable su aplicación o cosecha (mes y/o tercio de zafra).

El Cuadro 4.1 presenta la Lista de Requisitos del Cliente vigente para las variedades y tecnologías a desarrollar en el 2018. Esta Lista de Requisitos del cliente, fue elaborada por los Gerentes Agrícolas y el Personal Profesional de CENGICAÑA y aprobada por la Junta Directiva de CENGICAÑA, es revisada por los Gerentes Agrícolas de cada ingenio, cada año cuando se aprueba el Plan Operativo Anual (CENGICAÑA, 2017a). Para profundizar en los contenidos de la misma se pueden consultar en el Anexo 2.

Cuadro 4.1. Lista de Requisitos del Cliente, de los procesos de Variedades, Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes

Lista de Requisitos del Cliente										
PRODUCTO	REQUISITOS	VARIABLES								Registro
Variedades de Caña de Azúcar	1. Que la variedad CG o introducida en promedio supere en rendimiento de azúcar por unidad de área (TAH) a la variedad CP72-2086 o iguale o supere a otras variedades de interés del cliente.	Mayor toneladas de azúcar por hectárea TAH que la variedad testigo CP72-2086 y a otras variedades de interés del cliente, vía al menos un componente del TAH (TCH o Pol % caña).								Libro de Campo Pruebas Regionales.
	2. Que la variedad CG o introducida posea resistencia adecuada a enfermedades.	Caña seca	Carbón	Escaldadura Foliar	Mosaico	Roya Marrón	Roya Naranja	Amarillamiento	Raya roja	Libro de Campo Pruebas Regionales Libro de Campo Pruebas Semicomerciales.
		(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	Inciden- cia/ Severidad (1-50) / (0-9)	Inciden- cia/ Severidad (1-50) / (0-9)	(0-10)	(0-10)	
		≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 2B	≤ 10 / 5	≤ 10 / 5	≤ 5B	≤ 4	

Lista de Requisitos del Cliente

PRODUCTO	REQUISITOS	VARIABLES	Registro
	3. Que la variedad CG o introducida presente buenas características de manejo.	<ul style="list-style-type: none"> - Emergencia y rebrote mejor o igual que CP72 -2086 y a otras variedades de interés del cliente. - Cierre natural mejor o igual que CP72-2086 y a otras variedades de interés del cliente. - Aspecto de planta mejor o igual que CP72 -2086 y a otras variedades de interés del cliente. - Corcho menor o igual que CP72-2086 y a otras variedades de interés del cliente. - Con o sin aplicaciones de madurante, mayor TAH que las variedades testigo CP72-2086 y a otras variedades de interés del cliente. - Toneladas de fibra por hectárea TFH mayor o igual que CP72-2086 y a otras variedades de interés del cliente. <p>Respuesta a cosecha mecanizada mejor o igual que CP72-2086 y otras variedades de interés del cliente.</p> <p>En casos especiales se seleccionarán variedades que cumplan con los requisitos 1 y 2, aunque no cumplan con alguna variable de manejo.</p>	Libro de Campo Pruebas Regionales. Libro de Campo Pruebas Semicomerciales
	4. Que la variedad CG o introducida tenga adaptabilidad específica o general en la zona cañera guatemalteca.	<p>Adaptabilidad específica: Promedio de TAH en al menos una localidad dentro de una zona en al menos dos cortes superior al TAH de la variedad CP72-2086 y a otras variedades de interés del cliente.</p> <p>Adaptabilidad general: Promedio de TAH de localidades dentro de una zona en al menos dos cortes superior al TAH de la variedad CP72-2086 y a otras variedades de interés del cliente.</p>	Libro de Campo Pruebas Regionales. Libro de Campo Pruebas Semicomerciales.

Lista de Requisitos del Cliente

PRODUCTO	REQUISITOS	VARIABLES	Registro
Tecnologías en Manejo Integrado de Plagas	Información Bioeconómica de nuevas plagas, conocimiento de enemigos naturales y/o estrategias de control que reduzcan las pérdidas económicas.	Información documentada en pruebas de laboratorio o campo. Mayor rentabilidad económica que el tratamiento testigo definido en el ensayo.	Libros de campo de ensayos Exploratorios, Determinativos y Extrapolación
Tecnologías de Fertilización	Recomendaciones para el uso óptimo de fertilizantes.	Mayor rentabilidad económica que la práctica aplicada en el área	Libros de Campo de Ensayos Determinativos y/o Libros de Campo de Ensayos de Extrapolación
Tecnologías de Riegos	Recomendaciones para el uso óptimo del agua.	Mayor rentabilidad económica que la práctica aplicada en el área	Libros de Campo de Ensayos Determinativos y/o Libros de Campo de Ensayos de Extrapolación

Lista de Requisitos del Cliente

PRODUCTO	REQUISITOS	VARIABLES	Registro
Malezas y madurantes	Estrategias de Manejo de malezas que reduzcan las pérdidas económicas causadas por malezas.	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento del porcentaje de control y días de control respecto al testigo definido en el ensayo. - Igual o mayor TCH y TAH respecto al testigo definido en el ensayo. - Mayor rentabilidad económica que la práctica aplicada en el área. 	Libro de campo, Pruebas, Ensayos exploratorios determinativos y de extrapolación.
	Recomendaciones para el uso óptimo de madurantes e inhibidores de floración.	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento en Kg Az TC y TAH respecto al testigo absoluto y el comercial. - Mayor rentabilidad económica que la práctica aplicada en el área. 	Libro de campo, Pruebas, Ensayos exploratorios determinativos y de extrapolación.

Fuente: CENGICANA, 2017a

4.3. DETERMINAR LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN PARA LAS CUALES LAS VARIEDADES Y TECNOLOGÍAS SON APROPIADAS Y RECOMENDADAS, PARA CALCULAR EL TECHO DE ADOPCIÓN Y LA TASA Y RITMO DE ADOPCIÓN

En esta sección se desarrolla la metodología usada para la definición de la zona de producción (en hectáreas), y época (mes) para las cuales las variedades y tecnologías fueron desarrolladas y cumplen con los requisitos del cliente. En el Cuadro 4.2 y Figura 4.1 se presenta la división en área en hectáreas de las 20 zonas de producción de la AIA de Guatemala (Meneses y Galiego, 2017). El desarrollo de las variedades y las tecnologías son para algunas o varias zonas de producción, además son desarrolladas también para ser usadas en algún o algunos meses del año.

El techo de adopción es definido en función de:

- Zona de producción en que la variedad y/o tecnología fue generada y validada
- Época del año (meses) en que es recomendada su uso.
- El área en hectáreas y época en la cual se usa el testigo comercial, dado que la variedad y/o tecnología es apropiada para sustituir al testigo comercial, en esas condiciones.
- El techo de adopción es definido como el área en hectáreas para la cual una tecnología o variedad fue generada, validada, recomendada y cumple los requisitos del cliente.

Cuadro 4.2. Zona de producción y área en hectáreas, área administrada, zafra 2016-17

<div>Estrato</div> <div>Zona Longitudinal</div>	Oeste	Centro Oeste	Centro	Centro Este	Este
Alto >300 msnm	1,044.89	413.53	6,212.70	2,539.80	0.00
Medio De 100 a 300 msnm	10,809.38	6,889.86	17,271.90	7,433.02	20.72
Bajo De 40 a 150 msnm	8,262.52	13,518.98	21,173.71	5,025.23	308.41
Litoral de 0 a 40 msnm	3,279.02	3,740.28	35,927.48	22,148.25	24,519.88
Total	23,395.81	24,562.65	80,585.79	37,146.30	24,849.01

Fuente: CENGICANA, 2017b



Fuente: CENGICANA, 2017b

Figura 4.1. Zonas de producción de la agroindustria azucarera de Guatemala

La tasa y ritmo de adopción se calculó en función de cuanta área de este techo de adopción, es adoptada por año, tanto para variedades y las tecnologías definidas.

4.3.1 Zonas de producción y techos de adopción

En esta sección se establecen las condiciones (zonas de producción y otros) para las cuales las variedades y/o tecnologías son recomendadas, así como la época en que deben de usarse. Con estas dos características se define el área que se define como techo de adopción.

4.3.1.1. Variedades

De las 12 variedades definidas para el análisis, 8 (66%) son recomendadas para usar en los meses de marzo y abril, meses que de acuerdo a Meneses (2017) son donde se presentan las menores producciones de TCH y TAH, hasta con reducciones del 25 por ciento en relación a noviembre y diciembre.

La información de zona de producción (estrato) y el techo de adopción de las variedades, se definió de acuerdo a la información de lugar y época de corte adecuada, donde se validó de parte de CENGICAÑA la variedad (Pruebas semicomerciales) que cumple con los requisitos definidos por el cliente. En el Cuadro 4.3 se presenta la información.

Cuadro 4.3. Zona de producción, época de cosecha recomendada y techo de adopción de las variedades liberadas.

VARIEDAD	ZONA DE PRODUCCIÓN	EPOCA RECOMENDADA	TECHO DE ADOPCIÓN (ha)
CG98-10	Estrato litoral	Marzo y abril	8788
CG98-46	Estratos medio y bajo	Noviembre y diciembre	5700
CG98-78	Estratos medio, bajo y litoral	Marzo y abril	20473
CG00-102	Estrato litoral	Noviembre y diciembre	4434
CG00-033	Estrato litoral	Marzo y abril	8788
CG02-163	Estrato litoral	Marzo y abril	14319
CP88-1165	Estratos	Enero y febrero	30000
RB73-2577	Estrato litoral	Marzo y abril	5600
SP79-1287	Estrato litoral	Marzo y abril	5600
RB84-5210	Estratos bajo y litoral	Marzo y abril	5730
SP71-6161	Estrato litoral	Marzo y abril	8788
CP73-1547	Estrato bajo y litoral	Noviembre y diciembre	25000

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2 Manejo Integrado de Plagas

De las dos tecnologías seleccionadas para el análisis de rentabilidad del área MIP, una tiene el enfoque de ahorro de insumos (US\$), con el uso del cebo para el control de roedores y la segunda el enfoque de aplicación de pesticidas, cuando todas las otras opciones de control ya no responden.

- Uso del cebo CAÑAMIP-CENGICAÑA para el control de roedores: Tecnología preventiva recomendada para iniciar su aplicación en lotes de caña de azúcar que en la cosecha

presenten cinco o más por ciento de tallos dañados. Esos valores de tallos dañados se presentan normalmente en los estratos bajo (40 – 100 msnm) y litoral (0 – 40 msnm). Su techo de adopción es variable por año, ya que para poder aplicarse en forma efectiva, necesita áreas que presenten ese porcentaje.

- Control de chinche salivosa: Tecnología que es aplicada cuando los niveles de infestación de la Chinche salivosa (*Aenolamia postica*) presenta valores del 60 por ciento o más de área dañada. El techo de adopción es variable, ya que varía de acuerdo las áreas infestadas en cada zafra, las cuales son diferentes entre zafra.

4.3.1.3. Fertilización

De las cuatro tecnologías seleccionadas para el análisis del área de Fertilización, una tiene el enfoque de ahorro de costos, al reducirse la dosis de nitrógeno en las renovaciones. Las otras tres son recomendadas para incrementar la productividad al aplicar el fósforo y potasio en plantía y socas, en áreas donde no se aplica. Las cuatro con el principio de uso óptimo del fertilizante.

- Reducción de dosis de nitrógeno en plantía: Tecnología recomendada para ser usada en las renovaciones de la caña de azúcar (cada 5 ó 6 años) que consiste en reducción del fertilizante nitrogenado entre un 25 a 40 por ciento de la tecnología usada (115 kg de N/ha). El techo de adopción de esta tecnología es variable entre cada zafra, ya que está condicionada al área que cada ingenio renueva.
- Aplicación de fósforo en plantía: Tecnología desarrollada para el estrato alto de la zona cañera (> de 300 msnm), con alta fijación de fósforo. Su techo de adopción es variable por zafra debido a que las áreas a renovar en cada zafra varían.
- Aplicación de fósforo en soca: Tecnología desarrollado para suelos que tienen menos de 10 ppm de fósforo. El techo de adopción definido en base al mapa de fósforo de la zona cañera de Guatemala es de 72576 ha.

- Aplicación del potasio en plantía y soca: Tecnología desarrollada para aplicar en plantía y soca en suelos arenosos y franco arenosos con < 150 ppm de potasio y suelos arcillosos y francos con < 300 ppm de potasio. Los suelos con estas características ocupan 41003 ha, que representan su techo de adopción.

4.3.1.4. Riegos

En el área de Riegos se analizaron dos tecnologías, una recomendada en áreas donde no se realiza el riego precorte, con la cual pueden obtener incrementos en la productividad y en los ingresos. La segunda tecnología es adecuada en áreas donde ya se realiza el riego, donde se debe hacer un ordenamiento de cuándo y cuánto regar, con la tecnología se pueden obtener incrementos en la productividad y/o ahorro en los costos.

- Aplicación de riego precorte, tecnología recomendada para los estratos bajo (40 a 100 msnm) y litoral (0 a 40 msnm), en cañaverales cosechados en marzo, abril y mayo, en suelos de textura arenosa, franco arenosa, arcilloso y franco arcilloso. El techo de adopción varía entre zafras y va de 15760 ha en la zafra 2006/2007 a 43431 ha en la zafra 2015/2016.
- Recomendaciones del riego: Tecnología desarrollada para ser usada en los estratos bajo (40 a 100 msnm) y litoral (0 a 40 msnm), en las áreas cosechadas en noviembre, diciembre y enero en suelos de textura franco arenosa. Su techo de adopción varía entre zafras, de 11400 ha en la zafra 2006/2007 a 21827 ha en la zafra 2016/2017.

4.3.1.5. Malezas y Madurantes

En esta área son dos las tecnologías analizadas, el uso de madurantes que ya era una práctica en algunas áreas de los ingenios, su aplicación incrementa la recuperación de azúcar, la segunda de igual manera pretende incrementar el contenido de azúcar en los tallos de la caña de azúcar.

- **Uso de madurantes:** Tecnología que se inició a usar antes de la fundación de CENGICAÑA, pero que CENGICAÑA evaluó a partir de 1992, la tecnología hace un efecto de acelerar y adelantar la concentración de azúcar, aumentando en promedio en cinco kg de azúcar recuperado por tonelada de caña, las experimentaciones realizadas fueron sobre días a cosecha después de la aplicación, dosis, respuesta de variedades en los meses de cosecha, productos. Su techo de adopción varía con la zafra de acuerdo a las áreas cosechadas en cada zafra, y va de 59100 ha en la zafra 1993/1994 a 187316 ha en la zafra 2015/2016.
- **Premadurante:** Tecnología desarrollada para favorecer el incremento del contenido de azúcar, en condiciones donde solo el madurante no tiene respuestas satisfactorias, la tecnología es recomendada en la etapa inicial de la maduración (8 meses) en condiciones de segundo y tercer tercio de cosecha (de enero a abril), incluso en condiciones de estrés hídrico. La tecnología es a base de nutrimentos como potasio, fósforo y boro en mezcla con dosis bajas de glifosato. El techo de adopción definido es de 110000 ha.

4.3.2 Tasa y ritmo de adopción

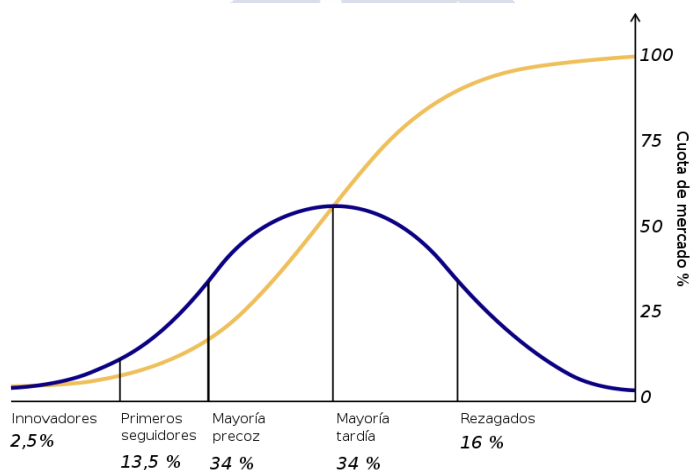
Se calculó de acuerdo al área adoptada (área comercial donde se usa la variedad o tecnología), por año. El análisis del avance en porcentaje de adopción se analiza en función de la categoría de adoptadores definidos por Rogers y Shoemaker (1971), quienes definen en cinco categorías los adoptadores:

- **Innovadores (aventureros)** son los primeros en adoptar, y ocupan el 2.5 por ciento de la población.
- **Los primeros adoptadores (respetables)**, ocupan el 13.5 por ciento de la población.
- **La primera mayoría (deliberantes)**, ocupan el 34 por ciento de la población.

- Mayoría tardía (escépticos), ocupan el 34 por ciento de la población.
- Rezagados (tradicionales), ocupan el 16 por ciento de la población,

En la Figura 4.2 se presenta los principios aplicados a estas cinco categorías, en función del tiempo de adopción.

Roger y Shoemaker (1971) consideran la tasa de adopción en la relación entre del área adoptada en función del techo de adopción en el tiempo, o sea el porcentaje de adoptadores o área donde se aplica la tecnología de acuerdo a su techo de adopción. El ritmo de adopción en función al crecimiento de la tasa en periodos similares, un año normalmente.



Fuente: Rogers y Shoemaker (1971)

Figura 4.2. Proceso de adopción de innovaciones, con las cinco categorías definidas por Rogers y Shoemaker (1971)

4.4 ANÁLISIS FINANCIERO DE LA INFORMACIÓN

El método usado fue el de imputación contable del excedente económico que es el más recomendado por los economistas para estimar los beneficios y costos de la investigación y transferencia de

tecnología agrícola (Alston *et al.* 1995). Para realizar el análisis financiero es necesario obtener información de los costos y los ingresos brutos de cada área por año, de 1992 a 2017, luego esos datos transformarlos a valor presente, por medio de la Anualización a una tasa de descuento del 10 por ciento anual. Para obtener el beneficio asignado a CENGICANA, los ingresos brutos se multiplicaron por un porcentaje (que fue variable) que se asignó al desarrollo y transferencia de las innovaciones. Al beneficio asignado definido por año se le restaron los costos del año correspondiente, con lo cual se obtuvo el beneficio neto por año. A los ingresos netos de 2017 se le sumo el precio de rescate, que para variedades fue el 20% de la sumatoria de los costos anualizados de 1992 a 2017, este porcentaje incluye las casas de cruzamientos, las colecciones nacionales de variedades, las 2 subestaciones experimentales, instalaciones de la cuarentena cerrada, abierta y de exportación, la metodología de desarrollo de variedades con personal profesional formado, 12 variedades que se usan en forma comercial que están aumentando su área de adopción y material genético para liberar variedades hasta el 2027. Para MIP, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes, el precio de rescate fue el 10% de la sumatoria de los costos anualizados de 1992 a 2017, que incluye personal profesional de CENGICANA y de los ingenios capacitado en el desarrollo de tecnologías en estas áreas y tecnologías que están en aumentando su área de adopción y tecnologías promisorias pendientes de validación y transferencia a los ingenios. Con la sumatoria de los costos e ingresos netos del periodo 1992 a 2017, se obtuvieron los indicadores financieros, Valor Actual Neto, Relación Beneficio Costo y Tasa Interna de Retorno, los cuales definen si la inversión en el periodo es financieramente adecuada.

4.4.1 Método de imputación contable del excedente económico

Para el análisis financiero de los proyectos o áreas de investigación de este estudio se usó el Método de Imputación Contable del Excedente Económico, que según Cruz y Ávila (1992) evalúa los flujos de efectivo relacionados con los costos de la investigación y los beneficios o pérdidas que se derivan del aumento real o potencial de la tecnología

generada. Los beneficios son medidos contablemente y no económicamente. Estos beneficios son calculados con base a un modelo que es una variante de excedentes económicos (Méndez, 1,996, Cruz y Ávila, 1992). El método ha sido utilizado en caña de azúcar por COPERSUCAR, Brasil (Rodríguez, 1997); en el BSES de Australia (Macleod, 1994), PLANALSUCAR, de Brasil (Pinnazza, 1997), en Estados Unidos (Simmonds 1987) y en la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres en Argentina por García *et al.*, 2013 y Alston, Norton y Pardey (1995) indican que el concepto del excedente económico supera a la mayoría de los métodos utilizados por los economistas para estimar los beneficios y costos de la investigación y transferencia de tecnología agrícola o para evaluar las prioridades de la investigación agrícola. El método permite asignar beneficios de los excedentes económicos producto de la nueva tecnología al productor y el consumidor, producto de la adopción de la nueva tecnología

4.4.2 Costos de cada área en el periodo de estudio

Los costos fueron definidos tal como se indica en la sección 4.1 de este capítulo, para lo cual se consideró los costos directos e indirectos (con el prorrateo) de cada área.

4.4.3 Precios del azúcar en el periodo 1992 a 2017

El precio definido para el presente estudio fue el del Mercado No. 11 que es el que opera para la entrega física de azúcar de caña en bruto, sin cargo a bordo del receptor buque a un puerto dentro del país de origen.

Para determinar la influencia de los precios del Mercado No. 11 sobre la productividad de caña y azúcar por hectárea se, realizaron análisis de correlación de acuerdo a Levin (1988), para determinar los coeficientes de correlación entre las variables de productividad, toneladas de caña por hectárea TCH y toneladas de azúcar por hectárea TAH, y los precios del azúcar de cada año en el periodo 1992 a 2017. Para analizar el comportamiento de las tres variables en forma relativa, se utilizó la herramienta estadística de los números índices de acuerdo

a Levin (1988) y se graficaron los valores convertidos para el análisis respectivo.

4.4.4. Ingresos brutos por variedad o tecnología

Los ingresos brutos fueron calculados para cada año así:

- a. Definir el área en hectáreas donde se usa la nueva variedad o tecnología,
- b. Se multiplico por el incremento de la productividad en toneladas de azúcar por hectárea TAH a nivel comercial, para obtener el incremento de tonelada de azúcar por el uso de la variedad o tecnología en ese año,
- c. Este valor se multiplicó por el precio de la tonelada de azúcar en el Contrato No. 11 de ese año en particular.

Cuando la información disponible estaba expresada en TCH realizamos una conversión a TAH, multiplicando el TCH por el rendimiento promedio de azúcar por tonelada de caña (de la zafra en que se usó la variedad o tecnología), y este resultado dividido 100.

Cuando la recomendación es la disminución del insumo o US\$ como la aplicación de nitrógeno en plantía y uso del cebo CAÑAMIP-CENGICANA para roedores el beneficio se obtuvo así:

- a. Calcular para cada año en cuanto disminuyó la dosis de N/ha, en comparación con el testigo, para el caso del cebo para roedores definir las dosis usadas por ha.
- b. Este valor se multiplico por las ha donde se usó la tecnología para el año correspondiente, para fertilizante se calculó las t ahorradas en ese año, y para el cebo se definió las ha aplicadas.
- c. La t de fertilizante ahorrado se multiplicaron por el precio definido por año y para el cebo se multiplicó por el ahorro en precio de las dosis usadas.

En el Anexo 4, se presentan ejemplos de cómo se realizaron los cálculos para las cinco áreas del estudio.

Los ingresos en base a los incrementos o ahorro por variedad o tecnología son:

4.4.4.1. Variedades

Para obtener los ingresos por variedad hemos utilizado dos métodos distintos en función de la información disponible.

- Para las variedades CG98-78, CG98-46, CG02-163, CG00-102 y SP79-1287, se usó el incremento comercial de éstas. El incremento se obtuvo a partir de un análisis de productividad de los dos ingenios con mayor área de adopción para estas variedades tomando los resultados obtenidos en los lotes donde se está usando. Una vez recogida esta información la comparamos con la productividad que se obtenía con la variedad que fue sustituida en un mismo ciclo de cultivo. Para la variedad CP73-1547 el incremento se obtuvo al determinar que variedades sustituyo la CP73-1547, en los meses y estratos recomendados. De igual manera una vez recogida esta información la comparamos con la productividad que se obtenía con la variedad que fue sustituida en un mismo ciclo de cultivo
- Para las variedades CG00-033, CP88-1165, RB73-2577, RB84-5210, SP71-6161 y SP79-1287, el incremento en TAH que se uso fue el que se obtuvo en las pruebas semicomerciales (última etapa del desarrollo de las variedades previo a ser liberadas para su uso en forma comercial). De acuerdo a lo establecido por CIMMYT (1988) estos incrementos fueron reducidos de un 5 a 30%, para ajustarlos a los resultados comerciales. Este cálculo fue realizado con el apoyo de los profesionales del área de variedades.

En ambos casos el ingreso bruto en US\$ por hectárea se calculó en base a los precios de la t de azúcar en el Mercado No. 11, del año correspondiente para ser recomendada al cliente, para el análisis financiero el precio del azúcar del Contrato No. 11, fue el correspondiente para cada año. El resto de requisitos que establecía el cliente, para el uso de variedades puede ser consultado en el Anexo 3.

4.4.4.2. Manejo Integrado de Plagas

Para las tecnologías de control de chinche salivosa los incrementos en toneladas de azúcar por hectárea TAH se obtuvieron de los resultados experimentales y de validación en áreas comerciales los cuales fueron reducidos de un 5 a 30%, para ajustarlos a los resultados comerciales (CIMMYT, 1988), con el especialista del área de MIP. De igual manera las ganancias en US\$ se calcularon por el precio de la t de azúcar en el Mercado No. 11 correspondiente al año en análisis, a estas ganancias se le resta el costo del uso de la tecnología por hectárea (costo que vario entre cada año), para obtener el ingreso bruto/ha.

Para la tecnología de uso de cebo CENGICAÑA, para el control de roedores, el ingreso bruto que se obtiene es un ahorro de US\$ por kg de cebo usado en áreas comerciales. Este ahorro varía de acuerdo a los precios anuales del producto comercial que fue sustituido y del costo de la elaboración del cebo CENGICAÑA.

4.4.4.3. Fertilización

Para tres de las cuatro tecnologías consideradas en el área de fertilización, aplicación de fósforo en plantía, fósforo en socas y potasio en plantía y soca. Los incrementos se consideraron en TAH en la experimentación y validación en áreas comerciales, para cada tecnología, y éstos fueron reducidos de un 5 a 30%, para ajustarlos a los resultados comerciales (CIMMYT, 1988), con el especialista del área de Fertilización. Este incremento en TAH se multiplico por el precio en US\$ de las t de azúcar en el Mercado No. 11 de cada año, para obtener las ganancias por hectárea, a éstos se le resta el precio del fertilizante y su aplicación, para obtener el ingreso bruto del uso de la tecnología por hectárea. Los ingresos brutos variaron de acuerdo a las hectáreas adoptadas en cada año.

Para el caso de la cuarta tecnología reducción de la aplicación de nitrógeno “N” en plantía (en cada renovación de la caña de azúcar, que se da cada 5 ó 6 años), el ingreso bruto se calculó en base a la nueva dosis promedio que se usó cada año de N en las hectáreas que se

renovaron, comparado con la dosis de N que se usaba antes de la generación de la tecnología. El ahorro en kg de N por hectárea multiplicado por el precio del kg de N en el mercado cada año, fue el valor que se usó.

En los cinco casos los precios de la tonelada de los fertilizantes que se usaron, se obtuvieron en el mercado internacional, (Index Mundi) a estos precios se le sumo el costo de transporte, empaque, impuestos y ganancia de los distribuidores, este precio calculado se validó con los precios de compra de seis de los nueve ingenios y con el especialista del área de Fertilización.

4.4.4.4. Riegos

Para las dos tecnologías del área de Riegos, Recomendaciones de riego y Riego Precorte. Los incrementos en productividad de TAH en la experimentación y validación en áreas comerciales fueron reducidos de un 5 a 30%, para ajustarlos a los resultados comerciales (CIMMYT, 1988), con el especialista del área de Riegos, para las dos tecnologías. Las ganancias en US\$ se calcularon con los incrementos de TAH establecidos y se multiplicaron con los precios del azúcar en el Mercado No. 11 de cada año. A las ganancias se le resto el costo del uso de la tecnología para obtener los ingresos brutos por hectárea por el uso de la nueva tecnología. Y luego por año este valor se multiplico por las hectáreas donde se usó la tecnología.

4.4.4.5. Malezas y madurantes

Para la tecnología, uso de Madurantes los ingresos brutos se calcularon en base al incremento promedio de kg azúcar por t de caña de azúcar por usar madurante, a este incremento promedio se le resto el costo del producto y la aplicación; más costo de la resiembra por el uso del madurante y la disminución de producción en toneladas de caña por hectárea. Este valor se obtuvo en análisis con el especialista en malezas y madurantes y fue validado con dos especialistas de madurantes de dos ingenios.

Para el uso de premadurantes el incremento en TAH por su uso se obtuvo de los incrementos experimentales de validación en áreas comerciales, estos valores fueron reducidos de un 5 a 30%, para ajustarlos a los resultados comerciales (CIMMYT, 1988), con el especialista del área de malezas y madurantes. Las ganancias se obtuvieron en función del precio de la t de azúcar en el Contrato No. 11 que se multiplicó por el incremento de las TAH, a este valor se le restó el costo del producto usado y aplicación del premadurante, para obtener los ingresos brutos en US\$ por hectárea. Los precios de la t de azúcar en el contrato No. 11 variaron cada año, así como el del precio del producto y aplicación del mismo.

4.4.5. Asignación de beneficios a la investigación y Transferencia de tecnología

Los beneficios asignados a las áreas del presente estudio en la generación y transferencia, se dividen bajo los criterios usados por Rodríguez da Cruz (1992), Dias y Sain (2007), Reyes (1997), Pardey, Alston, Chan-Kang, Magalhaes y Vosti (2004), y Edmé *et al.* (2005).

Para variedades se asignaron tres criterios:

- Variedades CG (CENGICAÑA-Guatemala), variedades desarrolladas y transferidas por CENGICAÑA, (12 años para liberar una variedad) se asignó el 69 por ciento de los ingresos brutos (Edmé *et al.*, 2005).
- Variedades introducidas de otros países, adaptadas y transferidas por CENGICAÑA, se asignó el 35 por ciento de los ingresos brutos.
- Variedades comerciales promovidas por CENGICAÑA, se asignó un 10 por ciento de los ingresos brutos.

Tecnologías de Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos, y Malezas y madurantes, generadas y transferidas por CENGICAÑA, se asignó un 50 por ciento de los beneficios.

En el caso del uso de Madurantes en la Agroindustria se asignó un 5 por ciento de las ganancias, debido que la función fue expandir la tecnología y adecuarla a otros ambientes y variedades nuevas. El Cuadro 4.3 resume la información.

Cuadro 4.4. Asignación de porcentaje del beneficio bruto, como beneficio neto por la generación y transferencia de las variedades y tecnologías.

Área	Investigación (%)	Transferencia (%)	Total (%)	Observaciones
Variedades CG e Introducidas	44 10	25 25	69 35	Para la variedad CP73-1547 se asignó un 10 %
MIP	25	25	50	
Fertilización	25	25	50	
Riegos	25	25	50	
Malezas y Madurantes	25	25	50	Para madurantes se asignó un 5%

Fuente: Elaboración propia

4.4.6 Anualización de los costos e ingresos

4.4.6.1. Tasa de descuento

La tasa de descuento usada fue del 10 por ciento, cifra que es la que emplean para los proyectos de inversión los ingenios que participan en el centro de investigación y que es la aprobada por las diferentes instancias gerenciales de la Agroindustria Azucarera guatemalteca. Esta tasa de descuento es similar a la recomendada por el Banco Mundial, IICA.

Alston, Norton y Pardey (1995) Indican que cuando el análisis se realiza utilizando beneficios y costos expresados en términos de valor constante (es decir real), los economistas recomiendan que las tasa de descuento deben ser reales, ajustada a la inflación, la cual caera en valores del 3 por ciento, valor que corresponde a una tasa de rendimiento libre de riesgo a largo plazo. Recomendán que en las inversiones públicas se debe utilizar tasas de descuento sin riesgo

Alston, Chan, Marra, Pardey y Wyatt (2000) sugieren que de acuerdo a los 292 estudios de rentabilidad de la investigación analizada, para definir y medir las tasas de descuento éstas deben ser coherentes con las medidas de los beneficios y los costos. Determinaron que las tasas de descuento reales sin riesgo están típicamente en el rango del 2 al 5 por ciento, considerado como el costo de oportunidad social. Aunque en algunos estudios las tasas de descuento usadas fueron bastante grandes, entre el 10 al 15 por ciento.

4.4.7 Indicadores financieros

Los indicadores financieros obtenidos en este estudio fueron:

- Tasa Interna de Retorno TIR
- Relación Beneficio Costo B/C
- Valor Actual Neto VAN

4.4.7.1 Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es una metodología que se basa en establecer una tasa de actualización que haga el valor actual neto VAN de los ingresos de efectivo, igual al VAN de los egresos de efectivo, durante la vida útil del proyecto.

Para calcular el TIR, se fue cambiando la tasa de actualización a partir de la base del 10 por ciento, sumando 5 por ciento a esta tasa, y revisando el VAN, hasta que se encontró un valor de VAN negativo. En ese rango se fue cambiando la tasa de actualización en 1 por ciento, hasta que el VAN fue negativo, luego se procedió a encontrar el TIR dentro de ese rango cambiando la tasa de actualización en decimales, hasta encontrar el VAN igual a cero 0.

4.4.7.2. Relación Beneficio costo

La relación Beneficio Costo, compara en forma directa la sumatoria de los beneficios netos (asignados a las áreas del Centro) y

los costos de cada área luego de anualizarlos, en todo el periodo definido, en este caso de 1992 a 2017.

Para calcular la relación (B/C), primero se anualiza los beneficios y costos asignados a cada área en el periodo 1992 a 2017, luego se suman tanto los beneficios netos y los costos. Con estos valores se divide los beneficios netos dentro de los costos.

Los criterios para definir si la inversión en las áreas de estudio fue positiva o negativa son, en función de comparo la relación B/C calculada y ésta se comparó con 1, así tenemos lo siguiente:

- $B/C > 1$, indica que los beneficios netos superan los costos, por consiguiente el proyecto fue positivo bajo el enfoque financiero
- $B/C=1$, indica que no hay ganancias, pues los beneficios netos son iguales a los costos.
- $B/C < 1$, indica que los costos son mayores que los beneficios netos, por consiguiente el proyecto fue negativo bajo el enfoque financiero

4.4.7.3 Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto VAN, también compara en forma directa la sumatoria de los beneficios netos (asignados a las áreas del Centro) y los costos de cada área luego de anualizarlos, en todo el periodo definido, en este caso de 1992 a 2017.

Para calcular el VAN, primero se anualiza los beneficios netos y costos asignados a cada área en el periodo 1992 a 2017, luego se suman tanto los beneficios netos como los costos. Con estos valores el costo se resta de los beneficios netos.

Los criterios para definir si la inversión en las áreas de estudio fue positiva o negativa son, en función de comparar el resultado de la resta entre los costos y los beneficios netos, así tenemos lo siguiente:

VALOR VAN	SIGNIFICADO	INTERPRETACIÓN
-----------	-------------	----------------

>0	La inversión produjo ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto fue positivo financieramente para el área analizada
< 0	La inversión produjo pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto fue negativo financieramente para el área analizada
= 0	La inversión no produjo ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

4.4.8 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es la técnica que determina cómo diferentes valores de una variable independiente impactan en una variable dependiente bajo un conjunto de supuestos. Estudia cómo la incertidumbre en el resultado de un modelo o sistema matemático puede asignarse a diferentes fuentes en sus variables de entrada.

El análisis de sensibilidad es un término usado frecuentemente en las empresas para realizar una toma de decisiones acertadas acerca de la inversión de sus capitales, este análisis consiste en el cálculo de los nuevos flujos de caja y el VAN (valor actual neto, indicador para la viabilidad de un proyecto) en proyectos, negocios y otro. Cuando se hace un cambio en la variable (a la inversión inicial, ingresos, tasas de crecimiento, etc.) y obteniendo gracias a esto nuevos flujos de caja y un valor nuevo del VAN, se podrá hacer el cálculo de la sensibilidad y mejorar las estimaciones del proyecto que vaya a realizarse. En caso de que las variables cambien o haya errores en ellas (cuestión de apreciación de la persona que realice el análisis), se debe repetir el proceso utilizando los valores originales (antes del cambio de variable).

En nuestro caso lo empleamos para determinar cómo puede afectar el cambio de diferentes valores de dos variables independientes; precio

del azúcar en el Contrato No. 11 y el costo de las áreas del Centro en los cambios de los indicadores financieros obtenidos.

Para determinar los valores de cada variable a adoptar en cada uno de los escenarios nos apoyamos en lo recogido en el análisis FODA de CENGICAÑA (CENGICAÑA, 2015a).

Para precios del azúcar se seleccionaron tres escenarios en la disminución del precio por tonelada de azúcar:

50 por ciento

100 por ciento

150 por ciento

Para costo por área, se seleccionaron cuatro escenarios en el incremento del costo en:

25 por ciento

50 por ciento

75 por ciento

100 por ciento

Los cambios en el análisis se hicieron para los escenarios definidos de las dos variables en cada año, debido a la variación anual que presentan las dos variables independientes.

En los siete escenarios se obtuvieron nuevos indicadores financieros que se convirtieron en porcentajes, considerando el valor real obtenido como 100 por ciento, luego se graficaron para cada área y variable.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. COSTOS DE INVERSIÓN POR ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y PROYECTOS DESARROLLADOS

El análisis de los costos se realizó para la totalidad de las áreas de análisis establecidas en el presente estudio, desde el año 1992, año de la fundación del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar “CENGICAÑA” a 2017. Para la definición de los costos de cada área, se obtuvo el promedio del porcentaje asignado en siete Planes Estratégicos de 2001 a 2015 de cada área, los cuales se presentan en el Cuadro 5.3 Las áreas establecidas son 5:

- Variedades,
- Manejo Integrado de Plagas “MIP”,
- Fertilización,
- Riegos
- Malezas y Madurantes

Comenzaremos el análisis detallando como se cuantifican los costos en los diferentes renglones del presupuesto de CENGICAÑA, que de acuerdo a los porcentajes asignados a cada área en 7 Planes Estratégicos de 2001 a 2015, si obtuvo el promedio asignado por área, los cuales se presentan en el Cuadro 5.3. Como ejemplo se analiza la Ejecución Presupuestaria Consolidada del año 2014 del centro (CENGICAÑA, 2015b). En el Cuadro 5.1 se recoge la ejecución presupuestaria por renglón. En el renglón de salarios y prestaciones se ejecutó el 66.6 por ciento del presupuesto, el segundo renglón en ejecución fue el de inversiones con el 7.95 por ciento del presupuesto 2014, luego los renglones de Seguros, mantenimiento y reparación y el

de Servicios personales en los cuales se ejecutó el 5.35 y 5.23 por ciento del presupuesto respectivamente.

Cuadro 5.1. Ejecución presupuestaria por renglón en el 2014. CENGICANA

REGLON PRESUPUESTARIO	MONTO EN US\$	PORCENTAJE
Salarios y prestaciones	1,522,866.37	66.62
Transporte de personas y comunicaciones	51,003.27	2.23
Servicios	94,148.68	4.12
Servicios personales	119,532.18	5.23
Seguros, mantenimiento y reparaciones	120,019.75	5.35
Suministros y materiales energéticos y lubricantes	59,861.55	2.62
Materiales para trabajos científicos y estación experimental	103,352.36	4.52
Suscripciones y gastos generales	33,135.44	1.45
Inversiones	181,808.97	7.95
TOTAL	2,285,728.56	100

FUENTE: CENGICANA, 2015b

En el Cuadro 5.2, se recoge el número de profesionales por área en el periodo 1992 a 2018, en él se observa como el Programa de Variedades es el que más profesionales dispone, lo que nos permite situar este programa como el de mayor relevancia del centro. Mientras que las demás áreas del análisis solo tienen un profesional.

El Cuadro 5.3 ofrece información de interés para determinar el nivel de relevancia de cada una de las áreas de actuación establecidas. Recoge la importancia que el personal gerencial de los diferentes ingenios le da a cada área. De nuevo destaca el área de variedades, que constantemente mantiene la calificación de indispensable. Esta relevancia es coherente con lo establecido por Flores (1976), quien establece 5 factores claves para el incremento de la producción de caña y sitúa las variedades mejoradas en el primer lugar de relevancia (cuadro 5.4). Por otra parte, este autor indica que el empleo de variedades mejoradas es considerado como el factor más importante tanto por los agricultores como por los propietarios de los ingenios.

El Cuadro 5.3 muestra también el promedio entre el año 2000 al 2015 del porcentaje del presupuesto asignado por área.

El porcentaje medio del presupuesto asignado al desarrollo de variedades es entre el 42 y 49 por ciento, de 1992 a 2008 se asignó entre el 1 al 7 por ciento a las inversiones en las casas de cruzamientos, cuarentenas y casa de fotoperiodo (el promedio asignado para funcionamiento fue siempre del 42 por ciento). Si a esta cifra le sumamos el 6 por ciento asignado a Biotecnología y 2 por ciento de Diagnóstico de enfermedades, que están dentro del Programa de Variedades, comprobamos que este absorbe entre el 50 al 57 por ciento del presupuesto. Este 50 por ciento para funcionamiento concuerda con la importancia otorgada por Flores (1976) y con lo mencionado por Goes *et al.*, 2011 que indican que en los pasados 30 años el incremento de la productividad en Brasil se debe en un 50 por ciento a la obtención de nuevas variedades.

En cuanto a la prioridad asignada por el personal gerencial de los ingenios al desarrollo de variedades entre 1996 a 2005 es de 1 (el área más importante) y de 2006 a 2014 el nivel de importancia asignado es de 5 (indispensable), en los nueve años evaluados, Cuadro 5.3.

Cuadro 5.2. Personal profesional de CENGICAÑA, periodo 1992 a 2018

PROGRAMA	AÑO													
	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018
VARIEDADES	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	7	6	6	6
Manejo Integrado de Plagas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fertilización	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Riegos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Agrometeorología	-	-	-	-	-	1	1	1	1					
Malezas y Madurantes	1	1	1	1	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1
Sistema de Información Geográfico	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1
Dirección	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Capacitación y Transferencia de Tecnología	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Laboratorio Agroindustrial	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Administración	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.3. Prioridad de procesos de CENGICAÑA de 1996 a 2005, nivel de importancia de 2006 a 2014 y recursos asignados en porcentaje por proceso, promedio 2000 a 2015.

Procesos en operación (Plan Operativo 2015)	Prioridad*				Nivel de Importancia**										Recursos Asignados % / Proceso
	199 6	1999	200 0	200 5	200 6	200 7	200 8	200 9	201 0	201 1	201 2	201 3	201 4	Promedio 2000 a 2015	
Desarrollo de Variedades	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	42 - 49	
Biotechnología														6	
Diagnóstico de enfermedades					4	4	3	4	4	5	4	4	4	2	
Manejo Integrado de Plagas	4	4	5	3	4	4	3	4	4	5	4	4	4	7	
Fertilización	5	5	4	2	4	5	4	5	5	5	5	4	5	13	
Riegos	2	2	2	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	
Zonificación Agroecológica					3	4	3	4	4	4		4	4	3	
Malezas y Madurantes	3	3	3	-							4	4	4	4	
Laboratorio Agronómico														***	
Capacitación					4	5	4	4	4	5	5	4	4	6	
Transferencia de Tecnología y Divulgación					4	4	4	5	4	5	4	4	4	2	

Procesos en operación (Plan Operativo 2015)	Prioridad*				Nivel de Importancia**										Recursos Asignados % / Proceso
	199 6	1999	200 0	200 5	200 6	200 7	200 8	200 9	201 0	201 1	201 2	201 3	201 4	Promedio 2000 a 2015	
Biblioteca														***	
Programa de Investigación Industrial														10	
Total														100	

Fuente: CENGICAÑA; 1996, 1999, 2000, 2005, 2015

* Donde 1 es la más importante.

*** El presupuesto del Laboratorio Agronómico, Biblioteca y Administración
Está distribuido entre los proyectos de
acuerdo a su utilización

****Nivel de
importancia**
5 Indispensable
4 Muy importante
3 Importante
2 Importancia
moderada

Cuadro 5.4. Contribución de las variedades y tecnologías al incremento de la producción en caña de azúcar en porcentaje

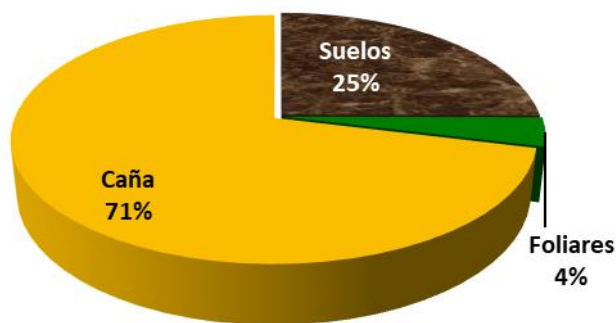
Porcentaje de incremento en la producción	Factor que contribuye
50	Variedades mejoradas
20	Fertilización y riego
10	Control de malezas
10	Control de plagas y enfermedades
10	Manejo del cultivo y administración

Fuente: Flores, 1976

El área de Manejo Integrado de Plagas de acuerdo al Cuadro 5.2, ha tenido un profesional para realizar la experimentación y transferencia de la tecnología. La prioridad asignada por el personal gerencial de los ingenios fue de 4 en 1996 y 1999; 5 en el 2000 y 3 en el 2005, en el nivel de importancia de 2006 a 2014 fue muy importante; a excepción de 2008 en que fue importante y en el 2011 que fue indispensable. El porcentaje medio de presupuesto asignado en el estudio es del 7 por ciento, (Cuadro 5.3).

Flores (1976), indica que el control de plagas y enfermedades contribuyen un 10 por ciento (Cuadro 5.4) al incremento de la producción. Por lo que el 7 por ciento asignado a control de plagas más el 2 por ciento asignado a control de enfermedades (que se incluye en variedades), suman el 9 por ciento, cercano al 10 por ciento asignado por Flores (1976).

El área de Fertilización de acuerdo al Cuadro 5.3, el porcentaje medio asignado es del 13 por ciento, aunque es un profesional el que se ha asignado a dicha área (Cuadro 5.2), este porcentaje medio asignado es superior debido a que parte del trabajo del Laboratorio Agronómico se prorratea para Fertilización por la demanda de análisis de suelos, como se presenta en la Figura 5.1, donde el 29 por ciento de las muestras analizadas en la zafra 2013/2014 son entre suelos y foliares, ambas usadas por el área de Fertilización.



Fuente: CENGICAÑA, 2015c

Figura 5.1. Muestras analizadas por área. Laboratorio Agronómico, 2014

La prioridad asignada por el personal gerencial de los ingenios es de 5 para 1996 y 1999, 4 en el 2000 y 2 en el 2005; de 2006 a 2014 es 5 indispensable para los años 2017, 2009, 2010, 2011, 2012, y 2014; de muy importante para 2006, 2018 y 2013 (Cuadro 5.3). Mientras que Flores (1976) indica que el aporte de la fertilización a la productividad conjuntamente con el riego es del 20 por ciento, valor que también coincide mucho con el 13 por ciento asignado a la investigación-transferencia a fertilización y 5 por ciento para riegos (Cuadro 5.4).

El área de Riegos es de las dos áreas sujetas a este estudio que no han tenido asignado personal durante todo el periodo, en los años 2000 y 2001 esta área ha tenido vacante su plaza de especialista (Cuadro 5.2) debido a decisión gerencial ya que los precios del azúcar en el Contrato No. 11 fueron bajos como se observa en el Cuadro 5.16 (US\$ 169.63 y US\$ 129.67 por t de azúcar para los años 2000 y 2001 respectivamente). El porcentaje medio asignado del presupuesto del Centro es del 5 por ciento. Este 5 por ciento sumado a los 13 del área de Fertilización suma 18 por ciento, valor muy cercano al indicado por Flores (1976), del 20 por ciento del aporte a la productividad que le dan Fertilización y Riegos (Cuadro 5.4).

La prioridad asignada por el personal gerencial al área de Riegos, de acuerdo al Cuadro 5.3, es de 2 (la segunda más importante) en 1996, 1999 y 2000 y de 4 en el 2005, entre 2006 a 2014 de 5, indispensable

para los años 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014, solo en el 2006 y 2008 la calificación fue de 4 o muy importante.

El área de Malezas y Madurantes es la segunda área de este estudio que no contó con especialista asignado de 1999 a 2007 (Cuadro 5.2) debido también a decisión gerencial, ya que los precios del azúcar en el Contrato No. 11 en este periodo fueron bajos como se observa en el Cuadro 5.21 (US\$ 168.55; US\$ 169.63; US\$ 129.67; US\$ 148.35; US\$ 166.38; US\$ 205.25 US\$ 334.92; US\$ 221.98 y US\$ 291.27 por t de azúcar para los años 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007 respectivamente).

El porcentaje medio del presupuesto del Centro asignado a esta área es del 4 por ciento, mientras que Flores (1976) (Cuadro 5.4) le asigna el 10 por ciento de aportes a la productividad por el control de malezas, superior al porcentaje medio de presupuesto asignado por el Centro al área de Malezas y Madurantes (Cuadro 5.3). La prioridad asignada por el personal gerencial al área de Malezas y Madurantes de 1996 a 2000 es de 3, y de 2012 a 2014 le asignan 4, muy importante.

A continuación en el Cuadro 5.5, se resume el porcentaje de presupuesto asignado a las áreas de este estudio, que responde a valores promedio del periodo 2000 a 2015. Importante indicar que en los valores de cada área, se considera los gastos directos por área, más lo correspondiente a los gastos de las áreas de apoyo y gastos generales que en el prorrateo efectuado le fue asignado a cada área. Los costos de las áreas de Capacitación, Transferencia de Tecnología e Investigación Industrial que se presentan en el Cuadro 5.3 no forman parte de lo asignado a las cinco áreas del presente estudio.

Cuadro 5.5. Presupuesto asignado por CENGICAÑA a las áreas de Variedades, Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes en porcentaje de 1992 a 2017.

Área	Porcentaje del Presupuesto	Observaciones
Variedades*	50 a 57	Del 51 al 57% es inversión en casas de cruzamientos, cuarentenas, casa de fotoperiodo de 1992 a 2008.
Manejo Integrado de Plagas	7	
Fertilización	13	
Riegos	5	Sin profesional de 2001 a 2003
Malezas y Madurantes	4	Sin profesional de 2000 a 2005

Fuente: Planes estratégicos de CENGICANA DE 2000 a 2015

Variedades*: de 1992 a 2008 el porcentaje asignado vario del 51 al 57 por ciento del presupuesto del centro, debido a las inversiones en la casas de cruzamientos, cuarentenas y casa de fotoperiodo, de 2009 a 2017 el porcentaje asignado fue del 50 por ciento.

En el Cuadro 5.6 se recoge el costo de las cinco áreas del análisis y el correspondiente a CENGICAÑA, de 1992 a 2017, los costos también se incluyen anualizados en el mismo periodo. Solo en Variedades varió el porcentaje asignado del presupuesto de 1992 a 2008, debido a la inversión en esos años de las casas de cruzamientos, cuarentenas y casas de fotoperiodo.

Importante indicar que en Malezas y Madurantes no se registran costos de 2000 a 2008, nueve años en que no hubo especialista del área y en Riegos que no tiene costos en el 2001 y 2002 por la misma razón que en Malezas. Estas decisiones fueron definidas por el personal gerencial, debido como se observa en le Figura 5.30 los precios de la t de azúcar reportaron los menores precios de 1998 a 2003 menores a los US\$ 200. En el 2008 ya los precios fueron de US\$ 373.15 por t de

azúcar, momento en que se decide contratar de nuevo al especialista de Malezas y madurantes.

De los presentado y analizado en el inciso 5.1, definición de los costos de CENGICAÑA, se puede indicar que éstos se orientan bajo los siguientes principios:

- Personal profesional especializado, debido a que el mayor porcentaje del presupuesto se asigna al pago del personal profesional.
- Priorización de impacto de las variedades y tecnologías en el incremento de la productividad de la caña de azúcar y azúcar.
-
- La importancia que le asigna el personal gerencial de los ingenios a cada área de trabajo.

Cuadro 5.6. Costos totales y anualizados en US\$ de la cinco áreas del estudio, el total de CENGICAÑA y la sumatoria de las cinco áreas 1992 a 2017.

Año	CENGICAÑA		Fertilización (13%)		Malezas y Madurantes (4%)		MIP (6%)	
	Costo Total	Costo Total Anualizado	Costo Total	Costo Total Anualizado	Costo Total	Costo Total Anualizado	Costo Total	Costo Total Anualizado
1992	(364,164.11)	(3,945,611.05)	(47,341.33)	(512,929.44)	(14,566.56)	(157,824.44)	(21,849.85)	(236,736.66)
1993	(608,728.91)	(5,995,816.99)	(79,134.76)	(779,456.21)	(24,349.16)	(239,832.68)	(36,523.73)	(359,749.02)
1994	(1,102,857.50)	(9,875,319.63)	(143,371.48)	(1,283,791.55)	(44,114.30)	(395,012.79)	(66,171.45)	(592,519.18)
1995	(553,784.59)	(4,507,958.83)	(71,992.00)	(586,034.65)	(22,151.38)	(180,318.35)	(33,227.08)	(270,477.53)
1996	(1,337,665.77)	(9,899,061.07)	(173,896.55)	(1,286,877.94)	(53,506.63)	(395,962.44)	(80,259.95)	(593,943.66)
1997	(1,361,400.20)	(9,158,819.75)	(176,982.03)	(1,190,646.57)	(54,456.01)	(366,352.79)	(81,684.01)	(549,529.18)
1998	(1,336,207.81)	(8,172,125.45)	(173,707.02)	(1,062,376.31)	(53,448.31)	(326,885.02)	(80,172.47)	(490,327.53)
1999	(1,056,084.83)	(5,871,744.34)	(137,291.03)	(763,326.76)	(42,243.39)	(234,869.77)	(63,365.09)	(352,304.66)
2000	(831,931.04)	(4,204,970.73)	(108,151.04)	(546,646.19)	-	-	(49,915.86)	(252,298.24)
2001	(1,011,182.20)	(4,646,354.89)	(131,453.69)	(604,026.14)	-	-	(60,670.93)	(278,781.29)
2002	(1,051,421.60)	(4,392,048.94)	(136,684.81)	(570,966.36)	-	-	(63,085.30)	(263,522.94)
2003	(1,092,968.02)	(4,150,544.24)	(142,085.84)	(539,570.75)	-	-	(65,578.08)	(249,032.65)
2004	(1,123,493.59)	(3,878,604.59)	(146,054.17)	(504,218.60)	-	-	(67,409.62)	(232,716.28)
2005	(1,188,279.12)	(3,729,328.92)	(154,476.29)	(484,812.76)	-	-	(71,296.75)	(223,759.74)
2006	(1,297,340.39)	(3,701,463.53)	(168,654.25)	(481,190.26)	-	-	(77,840.42)	(222,087.81)
2007	(1,326,366.79)	(3,440,253.87)	(172,427.68)	(447,233.00)	-	-	(79,582.01)	(206,415.23)
2008	(1,386,053.30)	(3,268,241.17)	(180,186.93)	(424,871.35)	-	-	(83,163.20)	(196,094.47)
2009	(1,448,425.70)	(3,104,829.11)	(188,295.34)	(403,627.78)	(57,937.03)	(124,193.16)	(86,905.54)	(186,289.75)
2010	(1,513,604.85)	(2,949,587.66)	(196,768.63)	(383,446.40)	(60,544.19)	(117,983.51)	(90,816.29)	(176,975.26)
2011	(1,581,717.07)	(2,802,108.28)	(205,623.22)	(364,274.08)	(63,268.68)	(112,084.33)	(94,903.02)	(168,126.50)
2012	(1,652,894.34)	(2,662,002.86)	(214,876.26)	(346,060.37)	(66,115.77)	(106,480.11)	(99,173.66)	(159,720.17)
2013	(1,727,274.58)	(2,528,902.72)	(224,545.70)	(328,757.35)	(69,090.98)	(101,156.11)	(103,636.48)	(151,734.16)
2014	(1,805,001.94)	(2,402,457.58)	(234,650.25)	(312,319.49)	(72,200.08)	(96,098.30)	(108,300.12)	(144,147.45)
2015	(1,886,227.03)	(2,282,334.70)	(245,209.51)	(296,703.51)	(75,449.08)	(91,293.39)	(113,173.62)	(136,940.08)
2016	(1,950,697.16)	(2,145,766.88)	(253,590.63)	(278,949.69)	(78,027.89)	(85,830.68)	(117,041.83)	(128,746.01)
2017	(2,038,478.53)	(2,038,478.53)	(265,002.21)	(265,002.21)	(81,539.14)	(81,539.14)	(122,308.71)	(122,308.71)

Continuación Cuadro 5.6

Año	Riegos (5%)		Variedades		ΣÁreas	
	Costo Total	Costo Total Anualizado	Costo Total	Costo Total Anualizado	Costo Total	Costo Total Anualizado
1992	(18,208.21)	(197,280.55)	(261,507.21)	(2,833,353.73)	(363,473.16)	(3,938,124.82)
1993	(30,436.45)	(299,790.85)	(407,754.93)	(4,016,277.04)	(578,199.02)	(5,695,105.80)
1994	(55,142.88)	(493,765.98)	(724,909.56)	(6,491,059.45)	(1,033,709.66)	(9,256,148.95)
1995	(27,689.23)	(225,397.94)	(361,130.64)	(2,939,702.73)	(516,190.33)	(4,201,931.20)
1996	(66,883.29)	(494,953.05)	(832,484.13)	(6,160,590.63)	(1,207,030.55)	(8,932,327.72)
1997	(68,070.01)	(457,940.99)	(851,400.06)	(5,727,793.84)	(1,232,592.11)	(8,292,263.37)
1998	(66,810.39)	(408,606.27)	(792,241.48)	(4,845,276.82)	(1,166,379.67)	(7,133,471.95)
1999	(52,804.24)	(293,587.22)	(542,126.63)	(3,014,179.25)	(837,830.39)	(4,658,267.66)
2000	(41,596.55)	(210,248.54)	(406,318.99)	(2,053,727.27)	(605,982.44)	(3,062,920.25)
2001		-	(487,781.06)	(2,241,340.80)	(679,905.68)	(3,124,148.23)
2002		-	(509,477.89)	(2,128,215.56)	(709,247.99)	(2,962,704.86)
2003	(54,648.40)	(207,527.21)	(521,555.69)	(1,980,606.87)	(783,868.02)	(2,976,737.49)
2004	(56,174.68)	(193,930.23)	(535,697.24)	(1,849,372.18)	(805,335.71)	(2,780,237.28)
2005	(59,413.96)	(186,466.45)	(589,944.98)	(1,851,500.06)	(875,131.97)	(2,746,539.00)
2006	(64,867.02)	(185,073.18)	(646,918.79)	(1,845,734.80)	(958,280.48)	(2,734,086.05)
2007	(66,318.34)	(172,012.69)	(655,211.83)	(1,699,450.74)	(973,539.86)	(2,525,111.67)
2008	(69,302.66)	(163,412.06)	(694,986.93)	(1,638,742.83)	(1,027,639.72)	(2,423,120.71)
2009	(72,421.28)	(155,241.46)	(672,374.85)	(1,441,295.20)	(1,077,934.04)	(2,310,647.35)
2010	(75,680.24)	(147,479.38)	(712,004.01)	(1,387,494.38)	(1,135,813.36)	(2,213,378.93)
2011	(79,085.85)	(140,105.41)	(769,933.96)	(1,363,984.97)	(1,212,814.74)	(2,148,575.29)
2012	(82,644.72)	(133,100.14)	(799,828.30)	(1,288,131.48)	(1,262,638.72)	(2,033,492.28)
2013	(86,363.73)	(126,445.14)	(833,105.59)	(1,219,749.90)	(1,316,742.48)	(1,927,842.66)
2014	(90,250.10)	(120,122.88)	(884,770.77)	(1,177,629.90)	(1,390,171.32)	(1,850,318.02)
2015	(94,311.35)	(114,116.74)	(933,468.41)	(1,129,496.78)	(1,461,611.98)	(1,768,550.49)
2016	(97,534.86)	(107,288.34)	(975,474.49)	(1,073,021.94)	(1,521,669.69)	(1,673,836.66)
2017	(101,923.93)	(101,923.93)	(1,019,370.84)	(1,019,370.84)	(1,590,144.83)	(1,590,144.83)

Fuente: Elaboración propia

5.2 DEFINICIÓN DE VARIEDADES Y TECNOLOGÍAS DESARROLLADAS POR ÁREA Y PROYECTOS, CON SUS RESULTADOS AGRONÓMICOS Y FINANCIEROS

Las variedades y tecnologías de Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes seleccionadas, fueron inicialmente propuestas por los profesionales de cada área (ver Anexo 2), luego se analizó conjuntamente con ellos los resultados de área adoptada y los beneficios a nivel comercial por el uso de éstas, en función del incremento de la productividad y beneficios financieros que ofrecen en comparación con las variedades y tecnologías usadas como testigo.

En esta sección se presenta la información sobre las variedades y tecnologías que se hemos seleccionado para realizar el presente estudio, con los siguientes principios. Los criterios de selección que hemos empleado son:

1. Que las variedades y tecnologías cumplieran con los requisitos establecidos por el cliente.
2. Que hayan sido adoptadas por el cliente
3. Que estemos en condiciones de establecer los beneficios tecnológicos y financieros que se derivan de su adopción.

5.2.1. Variedades:

En el Anexo 2, se presenta las variedades CG (CENGICAÑA-GUATEMALA) e introducidas que reportó el área de Variedades, así como las tecnologías reportadas por las áreas de Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes.

En el Cuadro 5.7 se resume los resultados de productividad y financieros que definieron la liberación por CENGICAÑA de las 12 variedades que se consideran en este estudio.

5.2.1.1 Zafra 2003/2004

Los resultados de la evaluación de la variedad CP88-1165 de las zafra 2001/02, 2002/03 y 2003/04 indican que en promedio de los tres cortes superó a la variedad testigo CP72-2086 (que ocupo en este periodo

entre el 73 al 75 por ciento de la composición varietal de la AIA, que corresponden a los valores más altos de área ocupada por una variedad de 1980 a 2017).

Los promedios de la CP88-1165 para TCH fue de 132.9 y para TAH de 21.4; mientras el testigo CP72-2086 para TCH 114.7 y en TAH 19.4. Los incrementos de CP88-1165 fueron de 18.2 TCH y 2 TAH con respecto al testigo CP72-2086. Los incrementos de ingreso en US\$ fueron de 410.50, producto de las TAH más al precio en el Contrato No. 11 en 2004 de US\$ 205.25 por t de azúcar (Cuadro 5.7).

De acuerdo a Juárez *et al.* (2008) los resultados de la evaluación de los índices de resistencia de las seis enfermedades y sus características de manejo en la variedad CP88-1165, son aceptables y similares a la variedad testigo. La variedad en la zafra 2003/04 ocupaba el 1.8 por ciento de la composición varietal, siendo liberada para su uso en los estratos bajo y litoral en los meses de enero y febrero. Los resultados obtenidos respecto a productividad de azúcar por unidad de área y financieros cumplen con lo establecido con el cliente en la Lista de Requisitos del Cliente del Sistema de Gestión de la Calidad de CENGICANA.

Cuadro 5.7. Variedades CG e introducidas entregadas al cliente, con sus resultados agronómicos y financieros de zafra 2003/2004 a 2015/2016

Zafra	Nueva Variedad			Testigo			Incremento* Sobre CP72-2086			Incremento* Sobre CP88-1165			Incremento* Sobre CP73-1547		
	Variedad	TCH	TAH	Variedad	TCH	TAH	TCH	TAH	US\$	TCH	TAH	US\$	TCH	TAH	US\$
2003-2004	CP88-1165	132.9	21.4				18.2	2	410.50 ¹						
				CP72-2086	114.7	19.4									
2010-2011	CG98-10	119.4	18.1				15.1	2.3	911.69 ²						
	RB73-2577	122.2	18.5				17.9	2.7	1070.25 ²						
	SP79-1287	107.2	16.1				2.9	0.3	118.19 ²						
				CP72-2086	104.3	15.8									
	CG98-46	130.7	19.9				0.8	1	396.39 ²	-3.1	0.5	198.19 ²	5.94	0.3	118.19 ²
				CP72-2086	129.9	18.9									
2011-2012				CP88-1165	133	19.4									
				CP73-1547	124.8	19.6									
	CG00-033	119	20.8				10	2.8	1064.28 ³	-6	0.3	114.03 ³			
				CP72-2086	109	18									
				CP88-1165	125	20.5									
	CG00-102	145	21.2				5	0.8	304.08 ³						
2012-2013				CP72-2086	140	20.4									
	RB84-5210	149.5	24.2				30.5	4.9	1,862.49 ³	7	1.4	532.14 ³			
				CP72-2086	119	19.3									
				CP88-1165	142.5	22.8									
2012-2013	CG98-78	116.8	18.7				11.7	1.4	537.31 ⁴	5.8	1.6	614.06 ⁴			
	CG02-163	114.1	18.6				9	1.3	498.93 ⁴	3.1	1.5	575.68 ⁴			
				CP72-2086	105.1	17.3									
				CP88-1165	111	17.1									
2015-2016	SP71-6161	128	18.8				5	-0.1	-						
				CP72-2086	123	18.9									

Fuente: Juárez et al., 2008, Orozco et al., 2011, 2013, 2016.

*Diferencia de la nueva variedad y el testigo

¹ Precio tonelada de azúcar US205.25 en 2004, contrato no. 11, ² Precio tonelada de azúcar US396.39 en 2011, contrato no. 11

³ Precio tonelada de azúcar US380.10 en 2012, contrato no. 11, ⁴ Precio tonelada de azúcar US383.79 en 2013, contrato no. 11

5.2.1.2. Zafra 2010/2011

En esta zafra se liberaron para uso comercial cuatro variedades, producto de dos evaluaciones.

- Las variedades CG98-10, RB73-2577 y SP79-1287 evaluadas en las zafras 2008/2009, 2009/2010 y 2010/2011, para el estrato litoral y cosechar en marzo y abril, en promedio de los tres cortes las tres superan a la variedad testigo CP72-2086 (variedad que ocupó el 41% de la composición varietal en esas zafras) en toneladas de azúcar por hectárea TAH, la variedad CG98-10 con 18.1 TAH, supera en 2.3 TAH a la CP72-2086 (que produjo 15.8 TAH) (Cuadro 5.7). La variedad RB73-2577 con 18.5 TAH, supera a la variedad CP72-2086 en 2.7 TAH; y la variedad SP79-1287 con 16.1 TAH, supera a la variedad CP72-2086 en 0.3 TAH. Las ganancias estimadas en US\$ por el uso de las tres nuevas variedades en relación al testigo CP72-2086, a precio de US\$ 396.39 por t de azúcar en 2011 en el Contrato No. 11, son: para la variedad CG98-10 una ganancia de US\$ 911.69; para RB73-2577 ganancia de US\$ 1070.25 y SP79-1287 ganancia de US\$ 118.19, ver Cuadro 5.7.

En el Anexo 3 están los resultados de las seis enfermedades evaluadas, los índices de resistencia y características de manejo de las variedades CG98-10, RB73-2577 y SP79-1287 son similares a la variedad testigo CP72-2086 y dentro de los valores aceptados.

Las tres variedades CG98-10, RB73-2577 y SP79-1287 fueron recomendadas para uso comercial en septiembre de 2011 como variedades tardías (cosechar en marzo y abril) para el estrato litoral (de 0 a 40 msnm). Los resultados obtenidos respecto a productividad de azúcar por unidad de área cumplen con lo establecido con el cliente en la Lista de Requisitos del Cliente del Sistema de Gestión de la Calidad de CENGICAÑA.

- En la segunda evaluación efectuada en las zafras 2008/2009, 2009/2010 y 2010/2011, en los estratos medio y bajo, para cosechar en noviembre y diciembre se evaluó la variedad CG98-46 con las variedades testigos CP72-2086; CP88-1165 y CP73-1547. En promedio de los tres cortes la variedad CP98-46 supera a las variedades

testigo (entre las tres variedades ocupan el 76% de la composición varietal en esas zafas), en toneladas de azúcar por hectárea TAH, en 1; 0.5 y 0.3 a CP72-2086; CP88-1165 y CP73-1547 respectivamente. En el Cuadro 5.7 se recoge los beneficios o ganancias estimadas en US\$ por el uso de la variedad CG98-46 en relación a las tres variedades testigo con precios de la t de azúcar en 2011 en el Contrato No. 11 de US\$ 396.39, las ganancias son de US\$ 396.39; 198.19 y 118.19 en relación a CP72-2086, CP88-1165 y CP73-1547 respectivamente.

En el Anexo 3 se presenta los resultados de las seis enfermedades evaluadas, los índices de resistencia y características de manejo de la variedad CG98-46 son similares a los testigos.

La variedad CG98-46 fue recomendada para uso comercial en septiembre de 2011 como variedad temprana (cosechar en noviembre y diciembre) para los estratos medio (de 100 a 300 msnm) y bajo (de 40 a 100 msnm). Los resultados obtenidos respecto a productividad de azúcar por unidad de área cumplen con lo establecido con el cliente en la Lista de Requisitos del Cliente del Sistema de Gestión de la Calidad de CENGICANA.

5.2.1.3. Zafra 2011/2012

En la zafra 2011/2012 se liberaron tres variedades, producto de tres grupos de evaluaciones.

La variedad CG00-033 evaluada en las zafas 2009/2010, 2010/2011 y 2011/2012, para ser usada en el estrato litoral y para cosechar en marzo y abril, se avaluó con las variedades testigos comerciales CP72-2086; y CP88-1165 (entre estas 2 variedades ocupan el 65% de la composición varietal en esas zafas). Luego de los tres cortes en promedio la variedad CG00-033 supera a las variedades testigo en 2.8 y 0.3 toneladas de azúcar por hectárea TAH, a CP72-2086 y CP88-1165 respectivamente. Las ganancias en US\$ por el uso de la variedad CG00-033, a precio de US\$ 380.1 por t de azúcar en el

Contrato No. 11, son de US\$ 1,064.28 y 114.03, sobre las variedades testigo CP72-2086 y CP88-1165 respectivamente (Cuadro 5.7).

En el Anexo 3 se presentan los resultados de la evaluación de resistencia a las seis enfermedades definidas, los índices de resistencia y las características de manejo de la variedad CG00-033 son similares a los de las dos variedades testigo y están dentro de los límites definidos.

La variedad CG00-033 fue recomendada para uso comercial en septiembre de 2012 como variedad tardía (cosechar en marzo y abril) para el estrato litoral (de 0 a 40 msnm). Los resultados obtenidos respecto a productividad de azúcar por unidad de área cumplen con lo establecido con el cliente en la Lista de Requisitos del Cliente del Sistema de Gestión de la Calidad de CENGICAÑA.

•En el segundo grupo evaluado en las zafras 2009/2010, 2010/2011 y 2011/2012, se evaluó la variedad CG00-102 en el estrato litoral para ser cosechada en noviembre y diciembre, la variedad testigo fue CP72-2086 (esta variedad ocupa el 38% de la composición varietal en esas zafras). Los resultados promedio de tres cortes indican que la variedad CG00-102 supera en 0.8 toneladas de azúcar por hectárea TAH a la variedad testigo CP72-2086 (Cuadro 5.7). En relación a las ganancias en US\$ por el uso de la variedad CG00-102 en lugar de la variedad testigo CP72-2086, a precio de la t de azúcar de 380.1 en 2012 en el Contrato No. 11 es de US\$ 304.08 (Cuadro 5.7).

En el Anexo 3 se presentan los resultados de la evaluación de resistencia a las seis enfermedades definidas, los índices de resistencia y las características de manejo de la variedad CG00-102 son similares a los de la variedad testigo y están dentro de los límites definidos.

La variedad CG00-102 fue recomendada para uso comercial en septiembre de 2012 como variedad temprana (cosechar en noviembre y diciembre) para el estrato litoral (de 0 a 40 msnm). Los resultados obtenidos respecto a productividad de azúcar por unidad de área cumplen con lo establecido con el cliente en la Lista de Requisitos del Cliente del Sistema de Gestión de la Calidad de CENGICAÑA.

- En el tercer grupo evaluado en las zafas 2009/2010, 2010/2011 y 2011/2012, se evaluó la variedad RB84-5210 en los estratos bajo y litoral y ser cosechada en marzo y abril, se usó como variedades testigo CP72-2086 y CP88-1165 (entre estas 2 variedades ocupan el 70% de la composición varietal en esas zafas). En el promedio de los tres cortes la variedad RB84-5210 supera en 4.9 y 1.4 toneladas de azúcar por hectárea TAH a las variedades testigo CP72-2086 y CP88-1165 respectivamente. Estos incrementos en TAH, representan ganancias a precio de la t de azúcar en 2012 de US\$ 380.1 en el Contrato No. 11, por el uso de la variedad RB84-5210 de US\$ 1,862.49 y 532.14 en relación a las variedades testigo CP72-2086 y CP88-1165 respectivamente, ver Cuadro 5.7.

Para las seis enfermedades evaluadas según el Anexo 3, sus índices de resistencia y sus características de manejo son similares a las variedades testigo y están dentro de los límites permitidos.

La variedad BR84-5210 fue recomendada para uso comercial en septiembre de 2012 como variedad tardía (cosechar en marzo y abril) para los bajo (de 40 a 100 msnm) y litoral (0 a 40 msnm). Los resultados obtenidos respecto a productividad de azúcar por unidad de área cumplen con lo establecido con el cliente en la Lista de Requisitos del Cliente del Sistema de Gestión de la Calidad de CENGICANA.

5.2.1.4. Zafra 2012/2013

Las variedades CG98-78 (evaluada en los estratos medio, bajo y litoral) y CG02-163 (evaluada para el estrato litoral) fueron evaluadas en las zafas 2010/2011, 2011/2012 y 2012/2013, para cosecharse en marzo y abril, las variedades testigos fueron CP72-2086 y CP88-1165 (entre estas 2 variedades ocupan el 65% de la composición varietal en esas zafas). La variedad CG98-78 superó en promedio de los tres cortes en los tres estratos evaluados en 1.4 y 1.6 TAH a CP72-2086 y CP88-1165 respectivamente (Cuadro 5.7). Mientras la variedad CG02-163 supero en promedio en el estrato litoral en los tres cortes en 1.3 y

1.5 TAH a CP72-2086 y CP88-1165 respectivamente. Las ganancias en US\$ por el uso de las nuevas variedades en relación a las variedades testigos a precios de la t de azúcar en 2013 en el Contrato No. 11 de US\$ 383.79, son de la variedad CP98-78 de US\$ 537.31 y 614.06 sobre las variedades CP72-2086 y CP88-1165 respectivamente y de la variedad CG02-163 de US\$ 498.93 y 575.68 sobre las variedades CP72-2086 y CP88-1165 respectivamente (Cuadro 5.7).

En el Anexo 3 están los resultados de las seis enfermedades evaluadas, los índices de resistencia y las características de manejo de las variedades CG98-78 y CG02-163 son similares a las dos variedades testigos y dentro de los valores aceptados.

La variedad CG98-78 fue recomendada para uso comercial en septiembre de 2013 como variedad tardía (cosechar en marzo y abril) para los estratos medio (de 100 a 300 msnm), bajo (de 40 a 100 msnm) y litoral (de 0 a 40 msnm) y la variedad CG02-163 fue recomendada para uso comercial como variedad tardía (cosechar en marzo y abril) para el estrato litoral (0 a 40 msnm). Los resultados obtenidos respecto a productividad de azúcar por unidad de área cumplen con lo establecido con el cliente en la Lista de Requisitos del Cliente del Sistema de Gestión de la Calidad de CENGICANA.

5.2.1.5 Zafra 2015/2016

- La variedad SP71-6161 fue evaluada en las zafra 2013/2014, 2014/2015 y 2015/2016, en el estrato litoral para ser cosechada en marzo y abril, la variedad testigo usada fue la CP72-2086 (la variedad CP72-2086 ocupa el 35% de la composición varietal en esas zafra). En el promedio de los tres cortes iguala estadísticamente en TAH a la variedad testigo CP72-2086, ver Cuadro 5.7.

En el Anexo 3 se presentan los resultados de la evaluación de resistencia a las seis enfermedades definidas, los índices de resistencia y las características de manejo de la variedad SP71-6161 son similares

a los de la variedad testigo CP72-2086, y están dentro de los límites definidos.

La variedad SP71-6161 fue recomendada para uso comercial en septiembre de 2016 como variedad tardía (cosechar en marzo y abril) para el estrato litoral (de 0 a 40 msnm), debido a que iguala estadísticamente en TAH al testigo. En toneladas de fibra por hectárea la variedad SP71-6161 supera en 0.4 a la variedad CP72-2086 (ver Anexo 3). Los resultados obtenidos respecto a las toneladas de fibra por hectárea cumplen con lo establecido con el cliente en la Lista de Requisitos del Cliente del Sistema de Gestión de la Calidad de CENGICAÑA.

5.2.2 Manejo Integrado de Plagas

En el área Manejo Integrado de Plagas MIP, fueron seleccionadas dos tecnologías, el cebo CENGICAÑA, recomendado para el control de roedores, tecnología que ahorra US\$ 2.10 por dosis que se aplique y la segunda adecuada para su uso en áreas con daño severo de la Chinche salivosa (*Aenolamia postica*). A continuación el detalle de las tecnologías.

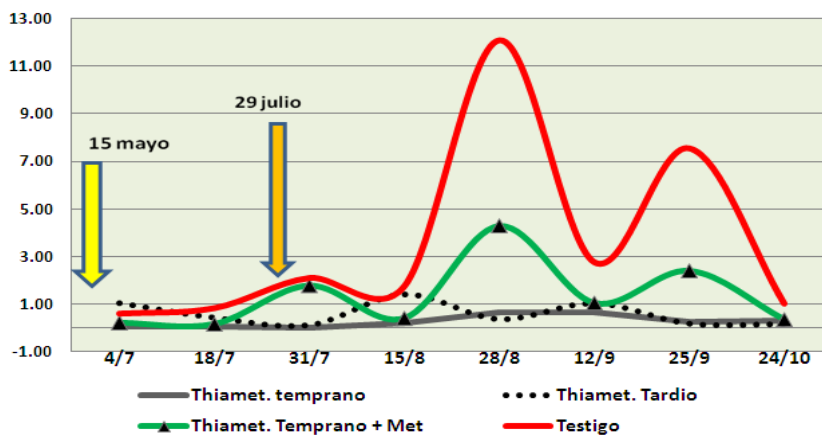
- Para el control de roedores fue desarrollado el cebo CAÑAMIP-CENGICAÑA, en el 2002, a base de Cumatetralil (Racumin). Para su fabricación se utiliza 18 kg de maíz quebrado; 0.5 kg de harina de pescado; 0.5 kg de sorgo; 1 kg de Racumin y 2 frascos de 375 cc de esencia de vainilla, esta mezcla da 20 kg de cebo, el costo estimado por kg de cebo fue de US\$ 1.05. Dentro de las ventajas que presenta el cebo en comparación a otros productos a base de Cumatetralil es que mostró mayor preferencia de consumo con 68.46 por ciento en comparación con el 38.54 de Mata rata (prob 0.02; tc = 4.46), debido a que la vainilla lo hace atractivo al roedor y que las dosis del cebo fueron puestas en bolsas plásticas lo que lo hizo menos degradable al ambiente. El beneficio económico que presenta este cebo es un ahorro en US\$ 2.10 por kg, en comparación con el testigo a precios del 2002.

• Control de Chinche salivosa (*Aenolamia postica*), tecnología desarrollada para reducir el daño foliar de la Chinche salivosa en áreas con antecedentes de daño severo (más del 60% de daño foliar). La aplicación temprana y adecuada de Thiamethoxan (4-5 meses de edad) con 600 gramos/ha de Actara 25 WG, mostró ser eficiente en el control de las ninfas, reduciendo el daño foliar. Estimando que se puede alcanzar un incremento en peso de caña de 17.8 t/ha (19.8 %) y una recuperación adicional de 8 kg/t de caña (Cuadro 5.8 y Figura 5.2). Esta recuperación de la pérdida equivale a aproximadamente a 2.23 t de azúcar por hectárea, que representa una ganancia US\$ 1067/ha, a precio de la t de azúcar de US\$ 477.84 en el 2010 en el Contrato No. 11 (ver Cuadro 5.8).

Cuadro 5.8. Valores promedio del peso verde de caña (TCH), rendimiento de azúcar (kg/t), daño foliar y otras características observadas para los tratamientos evaluados. Finca La Libertad. Palo Gordo-CENGICANA

Tratamiento	Ninfas/tallo	Daño Foliar (%)	TCH	Azúcar kg/t	Incremento sobre Test.	
					TCH	kg/t y %
Testigo	10.88	71.67 (A)	66.65 (B)	103.14(C)	0	0
Thiamethoxan temprano + Met	3.55	46.33 (B)	98.77(A)	105.68(BC)	32.1 (48 %)	2.54 (2.5 %)
Thiamethoxan, aplicación temprana	0.34	20.87 (C)	90.00 (AB)	125.53(A)	23.4 (35 %)	22.39 (21.7%)
Thiamethoxan, aplicación tardía	0.03	16.46 (D)	72.22 (B)	117.59(AB)	5.6 (8.4%)	14.45 (14.0%)
Promedio	1.25	38.83	81.91	112.99		

Fuente: CENGICANA, 2003b



Fuente: Márquez *et al.*, 2010

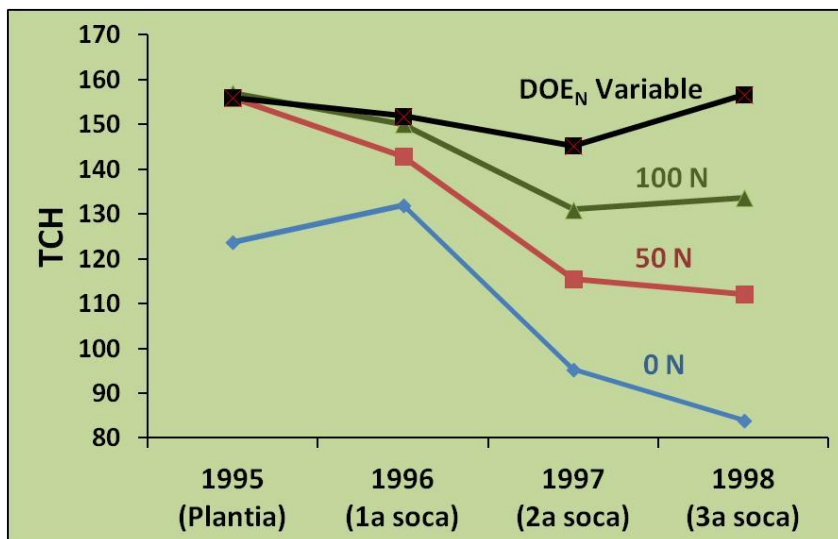
Figura 5.2. Densidad del total de insectos/tallo (ninfas y adultos), según el tratamiento y la época. Finca La Libertad, Palo Gordo-CENGICAÑA, 2010

5.2.3 Fertilización

En el área de Fertilización se seleccionaron cuatro tecnologías, las cuales tienen como objetivo el uso óptimo de los fertilizantes. En el caso de la aplicación de nitrógeno en plantía, la recomendación es la disminución de la dosis, lo cual causa un ahorro directo en las áreas adoptadas. La segunda tecnología es la aplicación de fósforo en plantía, en áreas donde no se aplica, también se generó tecnología para la aplicación de fósforo en socas (del segundo al sexto corte), en áreas donde solo se aplica el fósforo en plantía. Y por último la cuarta tecnología es sobre la aplicación de potasio en plantía y socas, en áreas donde no se aplica. De las cuatro tecnologías, una es de ahorro de insumos y las otras tres de aplicar fertilizantes donde no se aplica.

- Nitrógeno en plantía: El estudio exploratoria de la respuesta de la caña de azúcar a nitrógeno, fósforo y potasio NPK, determinó que para la aplicación de nitrógeno en plantía (primer corte de la caña), con 50 kg de N/ha se obtenía, la misma respuesta que aplicando 100 kg de N/ha, como se muestra en la Figura 5.3. A nivel comercial la dosis que se

aplicaba era de 115 kg de N/ha, por lo que esta tecnología permite reducir la dosis de N.



Fuente: Pérez, 2012

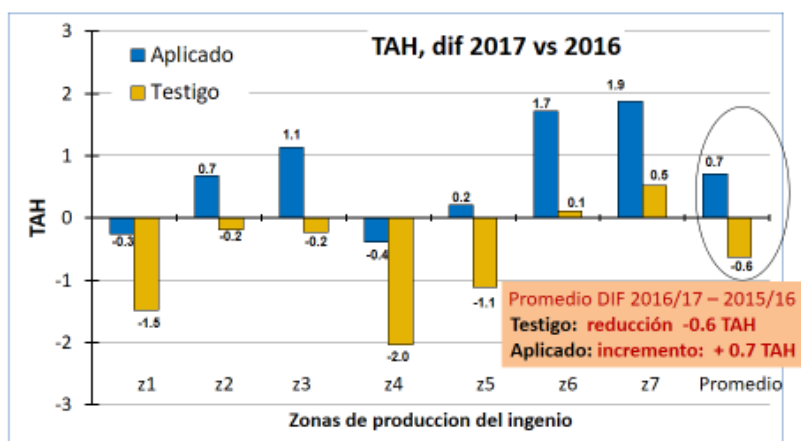
Figura 5.3. Evolución de la respuesta de la variedad CP72-2086 a las aplicaciones de N en diferentes dosis y la dosis óptima económica de N estimada (DOEN) en cuatro años consecutivos en un suelo Mollisol con contenido bajo de MO del suelo (1.8 %)

- Fósforo en la plantía: La recomendación es para suelos de origen Andisol, (estrato alto de 300 a 700 msnm) en donde con una dosis de 100 kg/ha se obtuvo una respuesta promedio de 25 toneladas de caña por hectárea de incremento. La dosis óptima estimada a los precios de la tonelada de caña y precio del fertilizante fue de 90 kg de P_2O_5 /ha.

- Fósforo en soca: Apropriada del segundo al quinto-sexto corte de caña de azúcar. Tecnología apropiada para suelos que presentan menos de 10 ppm de fósforo en el análisis de suelo. Los incrementos obtenidos al aplicar 80 kg/ha de P_2O_5 son 0.6 toneladas de azúcar por hectárea

- Potasio en plantía y soca: Apropriada del primero al quinto-sexto corte de caña de azúcar. Tecnología apropiada para suelos con menos de 150 ppm de potasio en suelo arenoso y franco arenoso y menos de

300 ppm en suelos arcillosos y francos. Los incrementos obtenidos al aplicar 80 kg/ha de K_2O , son de 0.7 toneladas de azúcar por hectárea, como lo muestra la Figura 5.4.



Fuente: Pérez, 2012

Figura 5.4. Diferencia en TAH de lotes aplicados con fósforo y potasio y testigos con respecto a su producción del año anterior

5.2.4 Riegos

En el área de Riegos se seleccionaron dos tecnologías, las dos con el objetivo del uso óptimo del recurso agua. El riego precorte generado para aplicar riego antes de la cosecha de la caña de azúcar y recomendaciones de riego, que consiste en la programación del riego en base al balance hídrico en áreas donde ya se aplica riego.

- Riego precorte, tecnología desarrollada para ser usada en áreas cosechadas en marzo, abril y mayo, en los estratos bajo (40 a 100 msnm) y litoral (0 a 40 msnm). Los incrementos de productividad promedio de la aplicación de la tecnología son de 15 toneladas de caña/ha.
- Recomendaciones de riego, desarrollada para ser usada en noviembre, diciembre y enero en los estratos bajo y litoral (0 a 100 msnm). Los incrementos de productividad que se pueden obtener con el uso de la tecnología son de 10 a 70 toneladas de caña de azúcar/ha.

5.2.5. Malezas y Madurantes

En el área de Malezas y madurantes dos tecnologías, las dos con el objetivo de acelerar la disponibilidad de azúcar en la planta. Uso de madurantes, tecnología que en 1992 ya se usaba en los ingenios (en 1993 con 18,500 hectáreas adoptadas, presentaba un 31.3% del techo de adopción) y Premadurantes tecnología que debe ser aplicada antes de la aplicación del madurante.

- Uso de maduradores en caña de azúcar, tecnología desarrollada para acelerar la disponibilidad de azúcar en la planta (sacarosa en la planta). En promedio a lo largo de la zafra de noviembre a abril, el incremento es de 5 kg de azúcar por tonelada de caña de azúcar.
- Premadurantes, tecnología que permite el incremento de kg de azúcar/ha, la aplicación debe ser días antes de la aplicación del madurante.

Las 12 variedades y 120 tecnologías liberadas, incluidas en este estudio, cumplen con los requisitos del cliente, principalmente en lo referente a que son variedades y/o tecnologías rentables en comparación al testigo que sustituyen. En el caso de variedades 8 de las 12 variedades liberadas presentan su mayor productividad (en relación a los testigos) en marzo y abril, meses en que la productividad disminuye entre el 21 al 27% en las zafras 2004/205, 2008/2009 y 2010/2011, lo cual ha disminuido a 12 a 15% en las zafras 2014/2015, 2015/2016 y 2016/201 (ver Figuras 5.17 y 5.18). De igual manera la adopción de las tecnologías de las 4 áreas ha incidido en ahorro de fertilizante y al incremento de la productividad al incorporarlas.

5.3 DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN PARA LAS CUALES LAS VARIEDADES Y TECNOLOGÍAS SON APROPIADAS Y RECOMENDADAS, PARA CALCULAR EL TECHO Y TASA DE ADOPCIÓN

En esta sección se presenta las zonas de producción y época donde las variedades y las tecnologías en Manejo Integrado de Plagas, Fertilización,

Riegos y Malezas y Madurantes fueron validadas y liberadas, para uso comercial. Para las variedades y tecnologías seleccionadas se definió el techo de adopción, área en hectáreas para la cual se considera adecuada la variedad o tecnología, se calculó el área adoptada por año y el porcentaje del techo de adopción por año. Luego, de acuerdo a los principios establecidos por Rogers y Shoemaker (1971), se discute el avance del techo de adopción en función de las cinco categorías establecidas.

5.3.1 Variedades

En el Cuadro 5.9 se presenta para cada variedad, la zona de producción recomendada, la época de cosecha y área o techo de adopción. Es relevante indicar que de las 12 variedades seleccionadas ocho, el 67 por ciento son variedades recomendadas para los meses de marzo y abril, que de acuerdo a Meneses (2017) son los meses donde la productividad en TCH y TAH disminuye entre un 12 al 27 por ciento, ver Figuras 5.17 y 5.18. Por lo que se espera que al adoptar los ingenios estas variedades la productividad en estos meses mantenga los valores de los obtenidos de noviembre a febrero, lo cual elevará en general la productividad de la Agroindustria Azucarera guatemalteca.

Cuadro 5.9. Variedades seleccionadas para el análisis, con su techo de adopción en hectáreas, época recomendada y zona de producción.

VARIEDAD	ZONA DE PRODUCCIÓN	EPOCA RECOMENDADA	TECHO DE ADOPCIÓN (ha)
CG98-10	Estrato litoral	Marzo y abril	8788
CG98-46	Estratos medio y bajo	Noviembre y diciembre	5700
CG98-78	Estratos medio, bajo y litoral	Marzo y abril	20473
CG00-102	Estrato litoral	Noviembre y diciembre	4434
CG00-033	Estrato litoral	Marzo y abril	8788
CG02-163	Estrato litoral	Marzo y abril	14319
CP88-1165	Estratos bajo y litoral	Enero y febrero	30000
CP73-1547	Estratos bajo y litoral	Noviembre y diciembre	25000
RB73-2577	Estrato litoral	Marzo y abril	5600

VARIEDAD	ZONA DE PRODUCCIÓN	EPOCA RECOMENDADA	TECHO DE ADOPCIÓN (ha)
SP79-1287	Estrato litoral	Marzo y abril	5600
RB84-5210	Estratos bajo y litoral	Marzo y abril	5730
SP71-6161	Estrato litoral	Marzo y abril	8788

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 5.10 y 5.11 se presenta el área adoptada en hectáreas por variedad y el porcentaje de adopción por zafra en función del techo de adopción definido en cada caso.



Cuadro 5.10. Variedades CG CENGICANA Guatemala, con techo de adopción área adoptada por año y porcentaje de adopción

Año	CG98-10			CG98-46			CG00-33		
	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción
2008-2009	9.64	8,788	0.1		5,700				
2009-2010	573.38	8,788	6.5		5,700				
2010-2011	2,301.74	8,788	26.2	11.3	5,700	0.2			
2011-2012	6,363.60	8,788	72.4	40.44	5,700	0.7			
2012-2013	10,881.55	8,788	123.8	211.89	5,700	3.7			
2013-2014	11,225.16	8,788	127.7	992.06	5,700	17.4	86.15	8788	1.0
2014-2015	9,464.00	8,788	107.7	2,148.80	5,700	37.7	267.04	8788	3.0
2015-2016				3,574.97	5,700	62.7	1,830.82	8788	20.8
2016-2017				4,258.73	5,700	74.7	2,000.27	8788	22.8

Continuación cuadro 5.10

Año	CG98-78			CG00-102			CG02-163		
	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción
2008-2009		20,473							
2009-2010	33.76	20,473	0.2						
2010-2011	353.54	20,473	1.7						
2011-2012	672.22	20,473	3.3						
2012-2013	2,527.02	20,473	12.3	29.53	4,434	0.7			
2013-2014	5,418.86	20,473	26.5	203.98	4,434	4.6			
2014-2015	10,345.04	20,473	50.5	541.66	4,434	12.2	5.4	14,319	0.04
2015-2016	14,834.69	20,473	72.5	2,757.72	4,434	62.2	1,373.55	14,319	9.6
2016-2017	16,099.90	20,473	78.6	2,930.94	4,434	66.1	3,073.68	14,319	21.5

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.11. Variedades Introducidas, con techo de adopción área adoptada por año y porcentaje de adopción

Año	CP73-1547			CP88-1165			RB73-2577		
	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción
2001-2002	4,582.01	25,000	18.3	1,973.06	30,000	6.6			
2002-2003	5,539.00	25,000	22.2	2,682.00	30,000	8.9			
2003-2004	6,496.32	25,000	26.0	3,047.41	30,000	10.2			
2004-2005	6,948.84	25,000	27.8	3,375.11	30,000	11.3			
2005-2006	7,407.27	25,000	29.6	4,845.66	30,000	16.2			
2006-2007	7,672.72	25,000	30.7	10,399.43	30,000	34.7			
2007-2008	9,982.56	25,000	39.9	23,231.64	30,000	77.4			
2008-2009	11,145.46	25,000	44.6	37,133.71	30,000	123.8			
2009-2010	11,500.79	25,000	46.0	48,092.85	30,000	160.3	113	5,600	2.0
2010-2011	13,662.06	25,000	54.6	61,759.46	30,000	205.9	707.83	5,600	12.6
2011-2012	15,071.84	25,000	60.3	68,619.63	30,000	228.7	1,459.56	5,600	26.1
2012-2013	19,407.80	25,000	77.6	68,135.62	30,000	227.1	2,162.73	5,600	38.6
2013-2014	24,012.05	25,000	96.0	55,145.54	30,000	183.8	3,732.80	5,600	66.7
2014-2015	28,144.17	25,000	112.6	40,268.91	30,000	134.2	3,976.02	5,600	71.0
2015-2016	29,631.24	25,000	118.5	26,637.58	30,000	88.8	3,573.40	5,600	63.8
2016-2017	27,969.79	25,000	111.9	17,132.62	30,000	57.1	2,943.61	5,600	52.6

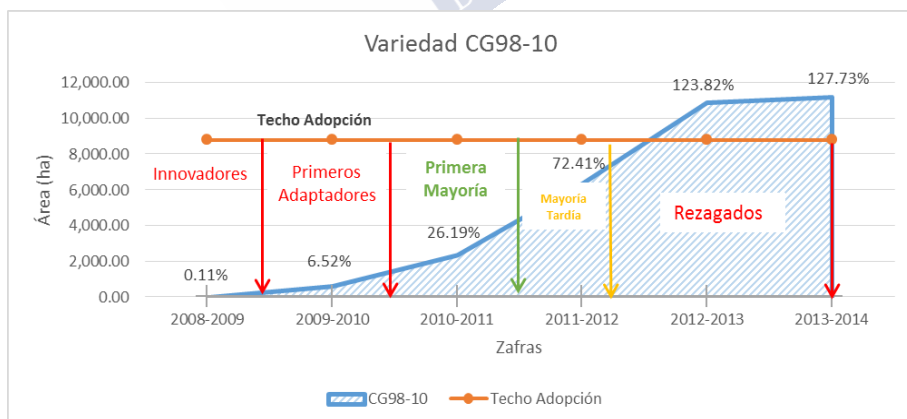
Continuación cuadro 5.11

	RB84-5210			SP71-6161			SP79-1287		
Año	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción
2001-2002									
2002-2003									
2003-2004									
2004-2005									
2005-2006									
2006-2007									
2007-2008									
2008-2009							131	5,600	2.3
2009-2010							284	5,600	5.1
2010-2011	220.12	5,730	3.8	131.2	8,788	1.5	401	5,600	7.2
2011-2012	372.1	5,730	6.5	193.15	8,788	2.2	458.95	5,600	8.2
2012-2013	506.67	5,730	8.8	474.98	8,788	5.4	861.07	5,600	15.4
2013-2014	768.94	5,730	13.4	1,144.30	8,788	13.0	1,301.16	5,600	23.2
2014-2015	1,046.02	5,730	18.3	2,623.04	8,788	29.8	2,275.21	5,600	40.6
2015-2016	906.83	5,730	15.8	4,092.61	8,788	46.6	4,031.63	5,600	72.0
2016-2017	1,665.33	5,730	29.1	5,346.18	8,788	60.8	3,544.86	5,600	63.3

Elaboración: Fuente propia

A seguir se detallan las principales consideraciones a realizar para cada una de las variedades estudiadas.

La variedad CG98-10, recomendada para cosechar en el estrato litoral en marzo y abril, con un techo de adopción de 8788 ha. En la Figura 5.5 se observa que a partir de la zafra 2009/2010 el área sembrada con la variedad fue de 573 ha que representa el 6.5 por ciento de su techo de adopción, superior al 2.5 por ciento del área que representa a los innovadores. En la zafra 2010/2011 alcanza las 2,302 ha, que es el 26.2 por ciento de su techo de adopción y supera el 1 por ciento de la composición varietal de la agroindustria azucarera de Guatemala. Este valor incluye la adopción por el 13.5 por ciento de los adoptadores tempranos y un 10 por ciento de los adoptadores mayoría temprana, por lo que se espera que la difusión de la variedad dentro del sistema acelere la adopción de ésta. En las siguientes tres zafas 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014 crece en 72, 124 y 128 por ciento de su techo de adopción respectivamente, en las dos últimas zafas supera el techo de adopción, lo que explica su alta tasa de adopción entre las zafas 2010/2011 y 2013/2014. En el 2013/2014 alcanza el 128 por ciento de su techo de adopción, y luego en el 2014/2015 inicia su descenso al disminuir el área sembrada a 9,464 ha, de las 11,225 ha alcanzadas en la zafra anterior 2013/2014.



Fuente: Elaboración propia.

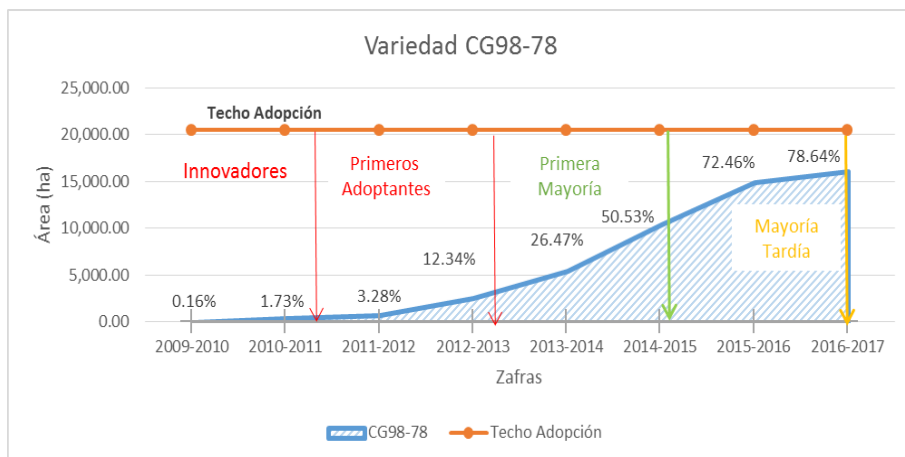
Figura 5.5. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG98-10 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2008/2009 a 2013/2014

La variedad CG98-78, recomendada para los estratos medio, bajo y litoral, y cosechar en marzo y abril, con un techo de adopción estimado de 20473 ha. En la Figura 5.6 se observa que en la zafra 2011/2012 era cosechada en 672 ha, que representa el 3.3 por ciento de su techo de adopción, lo que indica que la variedad en esa zafra era usada por más del 2.5 por ciento de su techo de adopción correspondiente a los innovadores.

El crecimiento en área de siembra de la variedad CG98-78 ha sido ascendente, en las zafras 2012/2013, 2013/2014 y 2014/2015 cosechada en 2527, 5418 y 10,346 ha respectivamente, que representa el 12.34, 26.47 y 50.53 por ciento de su techo de adopción. En la zafra 2012/2013 ya en un 9.84 por ciento de los adoptadores tempranos (del 13.5 % que representa estos adoptadores). Para 2013/2014 cosechada por los adoptadores innovadores (2.5%), adoptadores tempranos (13.5%) y 10.47 por ciento de mayoría temprana (del 34 % que representan).

En este punto la difusión de la variedad CG98-78 es realizada por los adoptadores tempranos dentro del sistema social; en la zafra 2014/2015 alcanza el 50.53 de su techo de adopción, y es adoptada por el 34 por ciento de la mayoría temprana. En las zafras 2015/2016 y 2016/2017 las áreas cosechadas con la variedad CG98-78 fue de 14835 y 16100 ha, que representan el 72 y 79 por ciento de su techo de adopción respectivamente, fue sembrada por adoptadores tardíos en 22 y 29 por ciento del 34 por ciento que ellos representan.

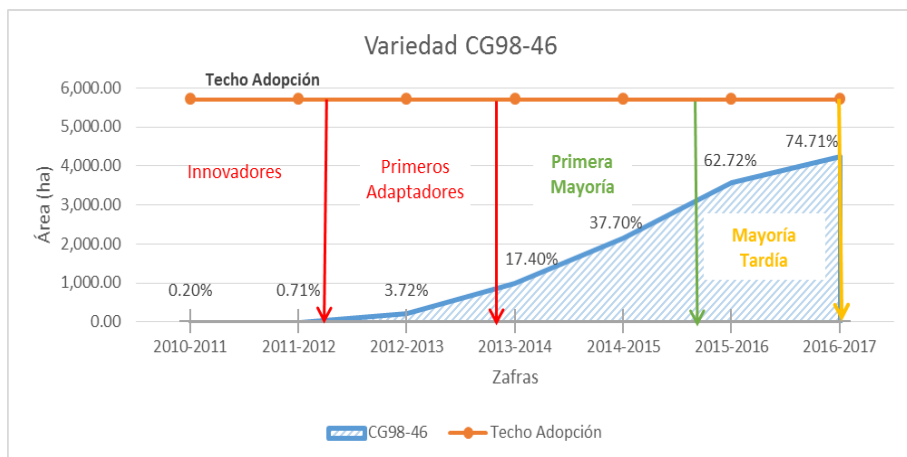
Se prevé que el crecimiento de esta variedad permitirá llegar a su techo de adopción en la zafra 2019/2020.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.6. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG98-78 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2009/2010 a 2016/2017

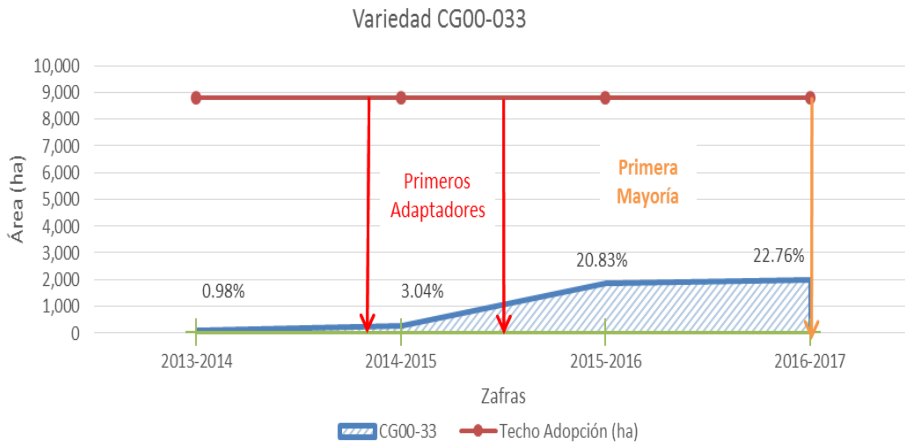
La variedad CG98-46, recomendada para los estratos medio y bajo y cosechar en noviembre y diciembre, se estimó un techo de adopción de 5700 ha. En la Figura 5.7 se observa que en la zafra 2012/2013 ya había sido sembrada en 212 ha, lo que representa el 3.7 por ciento de su techo de adopción, lo que supera al 2.5 por ciento de los innovadores. Para la zafra 2013/2014 con las 992 ha (17.4 % de su techo de adopción) ya era sembrada por los innovadores (2.5 %) y los adoptadores tempranos (13.5 %), por lo que la difusión de la variedad ya es realizada por el sistema social. En la zafra 2014/2015 es cosechada en 2149 ha (37.7 % de su techo de adopción) y es sembrada por el 21.7 por ciento de los adoptadores mayoría temprana (son 34 %). En las zafras 2015/2016 y 2016/2017 la variedad CG98-46 fue sembrada en 3575 y 4259 ha, que alcanzan el 63 y 75 por ciento de su techo de adopción, por lo que ya fue adoptada por la totalidad de mayoría temprana (34 %) y en 25 % de mayoría tardía (son el 34 %). Por su crecimiento sostenible en área sembrada, se espera que alcance su techo de adopción en la zafra 2018/2019.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.7. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG98-46 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2010/2011 a 2016/2017

La variedad CG00-033, recomendada para el estrato litoral y ser cosechada en marzo y abril, con un techo de adopción estimado de 8,788 ha. La variedad se inició a usar en la zafra 2013/2014 en 86 ha, equivalentes al 1 por ciento de su techo de adopción. En la zafra 2014/2015 al cosecharse en 267 ha, alcanza el 3.03 por ciento de su techo de adopción, perteneciente a los innovadores (2.5%), en la zafra 2015/2016 al cosecharse en 1831 ha, su techo de adopción alcanza el 20.8 por ciento (2.5% de innovadores, 13.5 de adoptadores tempranos y 4.8 de mayoría temprana). En la zafra 2016/2017 es cosechada en 2000 ha, que equivalen al 22.76 por ciento de su techo de adopción (6.76 % de mayoría temprana) (Figura 5.8).

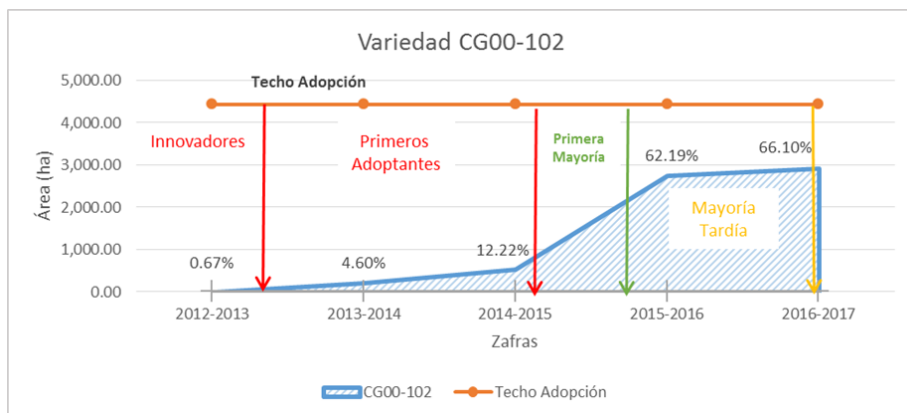


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.8. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG00-033 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2013/2014 a 2016/2017

La variedad CG00-102, recomendada para el estrato litoral, y cosechar en noviembre y diciembre, con un techo de adopción estimado de 4434 ha. En la Figura 5.9 se observa que ya en la zafra 2012/2013 fue sembrada en 30 ha, que representa el 0.69 por ciento de su techo de adopción. En la zafra 2013/2014 alcanza un área cosechada de 204 ha que es el 4.7 por ciento de su techo de adopción, lo que indica que la variedad en esa zafra era usada por los innovadores (2.5 %) e iniciaba a usarse por los adoptadores tempranos en 2.2 por ciento (son el 13.5 %). El crecimiento en área cosechada de la variedad CG00-102 ha sido ascendente, en las zafras 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017 cosechada en 542, 2758 y 2931 ha respectivamente, que representa el 12.5, 63.5 y 67.5 por ciento de su techo de adopción. En la zafra 2014/2015 ya un 10 por ciento de los adoptadores tempranos (del 13.5 % que representa estos adoptadores), con este porcentaje de adopción se considera que la difusión de la variedad será por los adoptadores tempranos entre los sistemas sociales de comunicación informal que existe. Para 2015/2016 el 63.5 por ciento cosechado de su techo de adopción, alcanza el 34 por ciento de la mayoría temprana (34 %) y el 13.5 de la mayoría tardía (son el 34 %); en la zafra 2016/2017 las 2931 ha sembradas con la variedad

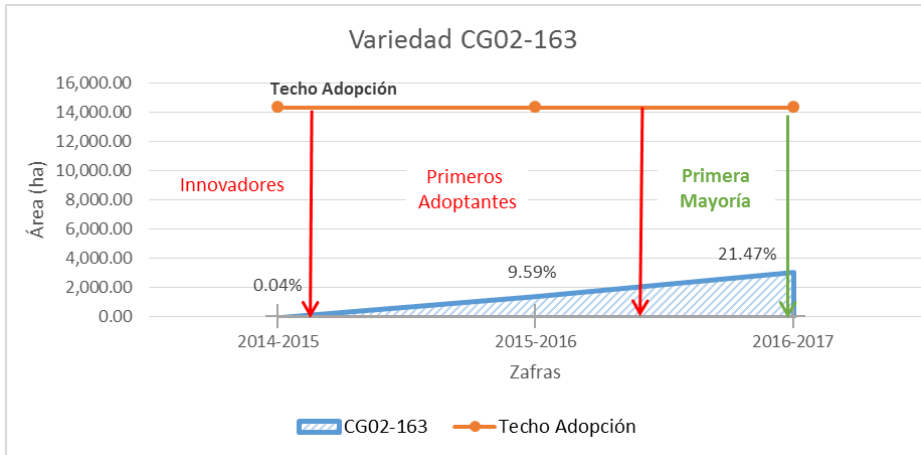
CG00-102 alcanzan el 17.5 por ciento de la mayoría tardía (del 34 % que representan). Por su crecimiento constante en el área sembrada se prevé que la variedad CG00-102 alcance su techo de adopción en la zafra 2019/2020.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.9. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG00-102 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2012/2013 a 2016/2017

La variedad C02-163, recomendada para el estrato litoral y cosechar en marzo y abril, con un techo de adopción estimado de 14319 ha. En la Figura 5.10 se observa que en la zafra 2015/2016 ya había sido sembrada en 1373 ha, lo que representa el 9.6 por ciento de su techo de adopción, que incluye al 2.5 % de los innovadores y el 7.1 por ciento de los adoptadores tempranos (representan el 13.5 %). Para la zafra 2016/2017 el área sembrada fue de 3073 ha, lo que equivale al 21.5 por ciento del techo de adopción, cosechada por innovadores (2.5 %) adoptadores tempranos (13.5 %) y el 5.5 por ciento de la mayoría temprana (son el 34 %). Se espera por su crecimiento en área sembrada que la difusión sea realizada por los adoptadores tempranos dentro de su sistema social. De acuerdo a las proyecciones de siembra de los ingenios se espera que esta variedad supere su techo de adopción en la zafra 2018/2019.



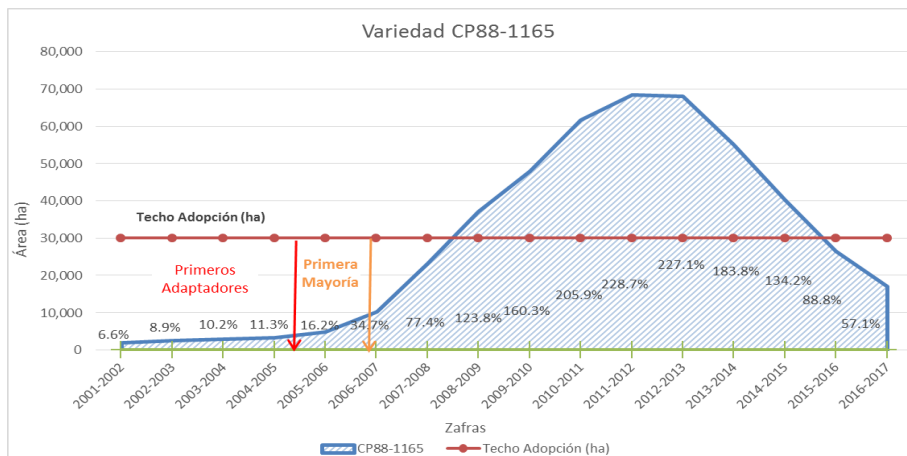
Fuente: Elaboración propia

Figura 5.10. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CG02-163 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2014/2015 a 2016/2017

La variedad introducida CP88-1165 recomendada para su uso en los estratos bajo y litoral y cosechar en enero y febrero, con un techo de adopción estimado en 30000 ha. En la Figura 5.11 se observa como a partir de la zafra 2005/2006 con el 16.15 por ciento de su techo de adopción cosechada, es difundida rápidamente en las siguientes tres zafras (2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009) por los adoptadores tempranos, hasta superar el techo de adopción en un 23.87 por ciento, al ser cosechada en la zafra 2008/2009 en 37133.71 ha (7133.71 mas que su techo de adopción.). Por su alta producción el crecimiento en área cosechada crece constantemente a un ritmo promedio de 10,500 ha por zafra entre las zafras 2008/2009 a 2011/2012, zafra donde alcanza su máxima área cosechada con 68,619.63 ha. A partir de la zafra 2012/2013 inicia su descenso en área cosechada debido principalmente a la susceptibilidad de la enfermedad Caña seca causada por el hongo *Cephalosporium sacchari*, Ovalle y Catalán (2013) determinaron en condiciones extremas más del 50 por ciento de tallos finales secos.

El descenso en área cosechada de la variedad CP88-1165 en más de 50,000 ha entre 2011/2012 y 2016/2017, en parte son las áreas ocupadas

principalmente por las nuevas variedades CG y las variedades introducidas en ese periodo.

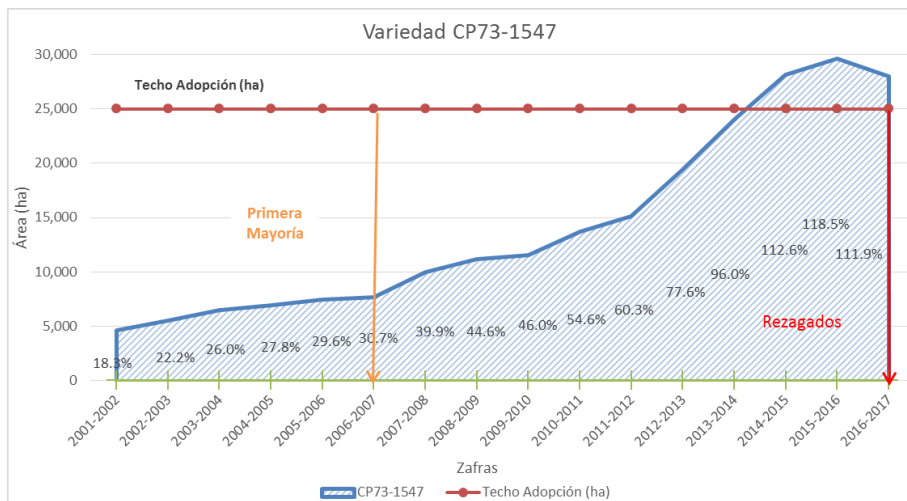


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.11. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CP88-1165 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2001/2002 a 2016-2017

La variedad introducida CP73-1547, variedad que desde 1984 ocupaba el 1 por ciento de la composición varietal de la AIA y entre 1988 a 2007 ocupó entre el 4 al 6 por ciento de esta composición (en 2007 era cosechada en 7673 ha, equivalentes al 30.69 por ciento de su techo de adopción). La variedad CP73-1547 es recomendada para ser cosechada en los estratos bajo y litoral en noviembre y diciembre, con un techo de adopción estimado de 25,000 ha. A partir de 2008, en CENGICAÑA se inicia a coleccionar y presentar comparaciones de productividad de las variedades en los ingenios. En la zafra 2008/2009 en noviembre y diciembre (primer tercio de zafra), la variedad CP73-1547 solo era cosechada en un ingenio y su productividad fue de 12 TAH, superiores en 1 TAH a la variedad CP88-1165 y en 1.5 TAH a CP72-2086 (Meneses, 2009). Estos resultados propiciaron el inicio del crecimiento del área cosechada con esta variedad, hasta llegar en la zafra 2014/2015 a superar el techo de adopción de 25,000 ha, al ser cosechada en 28,144.17 ha (112.58 % de su techo de adopción), en la

zafra 2015/2016 es cosechada en 29,631.24 ha (118.52 % del techo de adopción) (Figura 5.12).

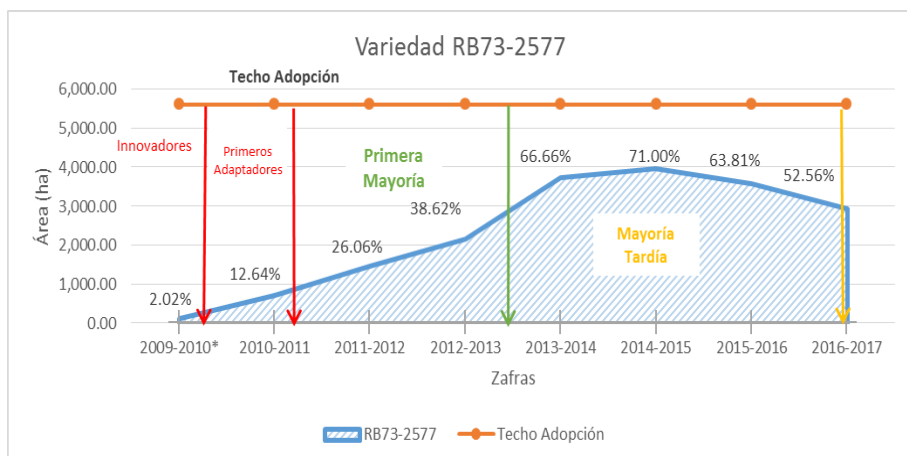


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.12. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad CP73-1547 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2001/2002 a 2016-2017

La variedad introducida RB73-2577, recomendada para cosechar en el estrato litoral en marzo y abril, con un techo de adopción estimado de 5600 ha. En la Figura 5.13 se observa que a partir de la zafra 2009/2010 el área sembrada con la variedad fue de 114 ha que representa el 2 por ciento de su techo de adopción, cercano al 2.5 por ciento del área que representa a los innovadores. En la zafra 2010/2011 alcanza las 905 ha, que es el 16.2 por ciento de su techo de adopción. Este valor incluye la adopción del 2.5 por ciento de los innovadores y el 13.5 por ciento de los adoptadores tempranos, por lo que se espera que la difusión de la variedad sea apoyada por la comunicación dentro del sistema. En las siguientes cuatro zafras 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014 y 2014/2015 es sembrada en 1228, 2593, 3732 y 3976 ha respectivamente con porcentajes de 22, 46, 67 y 71 por ciento de su techo de adopción respectivamente, que representan al 2.5 por ciento de los innovadores, 13.5 por ciento de los adoptadores tempranos, 34 por ciento de los primeros adoptadores y entre el 17 al 21 por ciento de los

adoptadores tardíos. En la zafra 2014/2015 alcanza su mayor área sembrada, ya que en las zafas 2015/2016 y 2016/2017 disminuye el área sembrada en 403 y 1032 ha respectivamente.

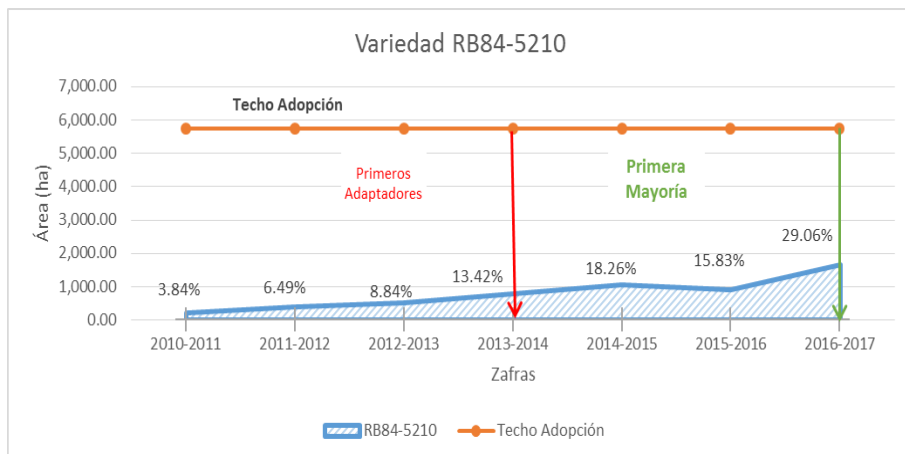


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.13. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad RB73-2577 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2009/2010 a 2016/2017

La variedad introducida RB84-5210, recomendada para cosechar en los estratos bajo y litoral en marzo y abril, con un techo de adopción estimado de 5730 ha. En la Figura 5.14 se observa que a partir de la zafra 2010/2011 el área sembrada con la variedad fue de 220 ha que representa el 3.84 por ciento de su techo de adopción, superior al 2.5 por ciento del área que representa a los innovadores. En las zafas 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017 es cosechada en 372, 507, 769, 1046, 907 y 1665 ha respectivamente, estas áreas cosechadas representan el 8.8, 13.4, 18.3, 15.8 y 29.1 por ciento de su techo de adopción. En la zafra 2014/2015 el 18.3 por ciento de su techo de adopción indica que ya fue adoptada por los innovadores y adoptadores tempranos (2.5 más 13.5%); por lo que se esperaría que el sistema social apoye su difusión y adopción; sin embargo en la zafra 2015/2016 el área sembrada disminuye en 140 ha, para luego en la zafra 2016/2017 ser sembrada en 1665 ha, que representan al 29.1 por ciento de su techo de adopción, ya el 13.1 por ciento de los adoptadores

mayoría temprana la siembran. A este ritmo de adopción se espera que su techo de adopción se alcance en la zafra 2021/2022.

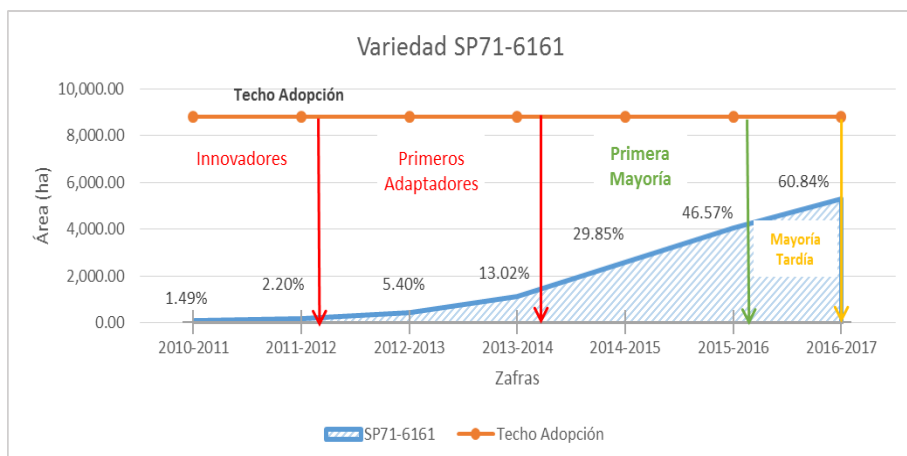


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.14. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad RB84-5210 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2010/2011 a 2016/2017

La variedad introducida SP71-6161, recomendada para cosechar en el estrato litoral en marzo y abril, con un techo de adopción estimado de 8788 ha. En la Figura 5.15 se observa que a partir de la zafra 2011/2012 el área sembrada con la variedad fue de 191 ha que representa el 2.2 por ciento de su techo de adopción, cercano al 2.5 por ciento del área que representa a los innovadores. En las zafas 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017 es sembrada en 474, 1114, 2623, 4093 y 5346 ha respectivamente, estas áreas sembradas representan el 5.4, 13, 29.8, 46.6, y 60.8 por ciento de su techo de adopción. En la zafra 2013/2014 con el 13 por ciento de su techo de adopción ya fue adoptada por los innovadores y 10.5 por ciento de adoptadores tempranos (son el 13.5%); por lo que se esperaría que el sistema social apoye en su difusión y adopción. La adopción es creciente en las dos zafas siguientes y ya en la zafra 2015/2016 es sembrada por el 46.6 por ciento de su techo de adopción, con 30.6 por ciento de los de mayoría temprana (representan el 34%) y en la zafra 2016/2017 con el 60.8 es sembrada ya por el 10.8 por ciento de la

mayoría tardía (representan el 34%). Este ritmo de adopción prevé que en la zafra 2020/2021 se estará sembrando en por lo menos las 8788 ha que es su techo de adopción.

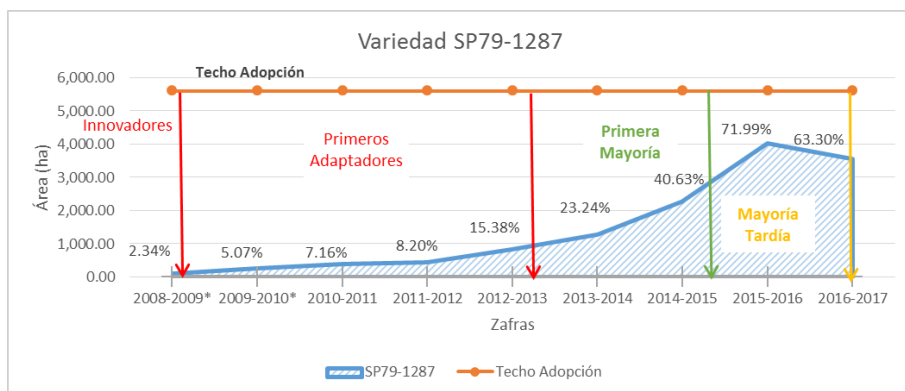


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.15. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad SP71-6161 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2010/2011 a 2016/2017

La variedad introducida SP79-1287, recomendada para cosechar en el estrato litoral en marzo y abril, con un techo de adopción estimado de 5600 ha. En la Figura 5.16 se observa que a partir de la zafra 2009/2010 el área sembrada con la variedad fue de 284 ha que representa el 5.1 por ciento de su techo de adopción, superior al 2.5 por ciento del área que representa a los innovadores e inicia a ser sembrada por el 2.6 por ciento de los adoptadores tempranos (son el 13.5 %). En las zafras 2010/2011, 2011/2012, y 2012/2013 es sembrada en 401, 459 y 861 ha respectivamente, estas áreas sembradas representan el 7.2, 8.2 y 15.4 por ciento de su techo de adopción. En la zafra 2012/2013 el 15.4 por ciento de su techo de adopción indica que ya fue adoptada por los innovadores y adoptadores tempranos (2.5 más 13.5%); por lo que se esperaba que el sistema social apoye en su difusión y adopción. En las zafras 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017 es sembrada en 1301, 2275, 4032 y 3545 ha respectivamente, que corresponden al 23.7, 40.6, 72 y 63.3 por ciento de su techo de adopción respectivamente. Ya

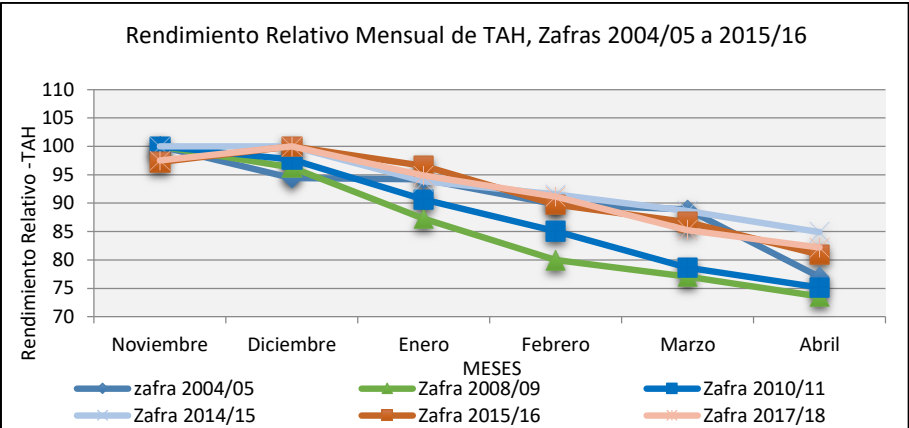
en las zafras 2015/2016 y 2016/2017 la variedad SP79-1287 era sembrada por los de mayoría temprana (34 %) y cerca del 20 por ciento de los de mayoría tardía (representan al 34 %) la sembraban. A este ritmo de adopción se espera que su techo de adopción se alcance en la zafra 2020/2021.



Fuente: Elaboración propia.

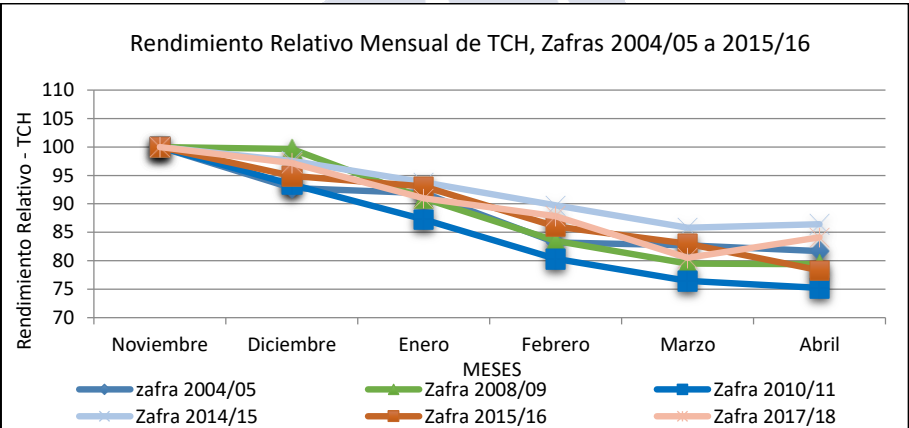
Figura 5.16. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la variedad SP79-1287 y el tiempo en que la variedad es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2008/2009 a 2016/2017

La adopción de las variedades en general presenta porcentajes entre 61 al 130 por ciento del techo de adopción definido para 8 de las 12 variedades recomendadas, y el tiempo en que se han adoptado éstas ha sido entre 5 a 7 años. En las Figuras 5.17 y 5.18 se observa que para las últimas tres zafras 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017 la disminución de productividad en TCH y TAH en marzo y abril es entre 12 a 18 por ciento en relación a la productividad de noviembre a febrero, en las zafras 2004/2005, 2008/2009 y 2010/2011 la disminución fue entre 21 a 27 por ciento en el mismo periodo. Esta mejora en la productividad en marzo y abril puede ser debido en parte al uso de las 8 variedades recomendadas para estos meses.



Fuente: Meneses, 2017

Figura 5.17. Rendimiento relativo mensual de TAH, zafras 2004-05 a 2016-2017



Fuente: Meneses, 2017

Figura 5.18. Rendimiento relativo mensual de TCH, zafras 2004-05 a 2015-2016

5.3.2 Manejo Integrado de Plagas

En el Cuadro 5.12 se presenta por año, el techo de adopción, área adoptada y el porcentaje de adopción en función del techo de adopción de las dos tecnologías de Manejo Integrado de Plagas antes señaladas.

Cuadro 5.12. Tecnologías seleccionadas de Manejo Integrado de Plagas con su techo de adopción, área adoptada y porcentaje de adopción por año

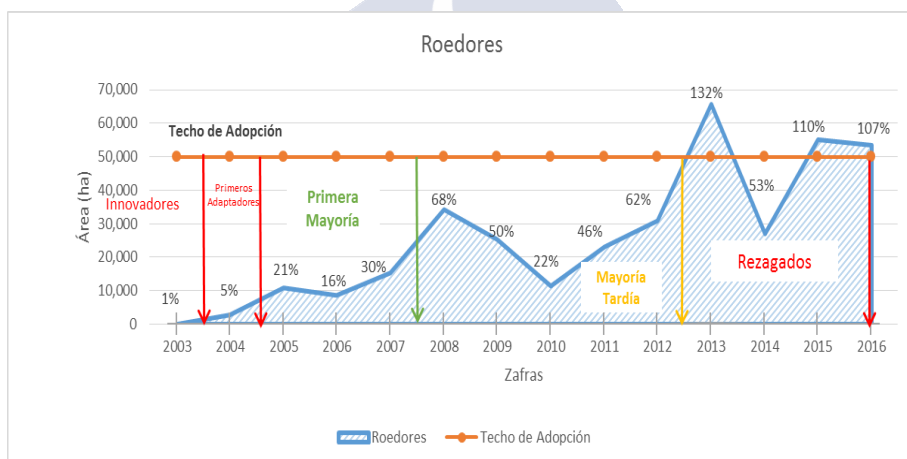
Zafra	Chinche Salivosa			Roedores		
	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción
2003-04				292	50,000	0.6
2004-05				2,517	50,000	5.0
2005-06				10,459	50,000	20.9
2006-07				8,193	50,000	16.4
2007-08				15,010	50,000	30.0
2008-09				33,892	50,000	67.8
2009-10	9,807	50,000	19.6	25,124	50,000	50.2
2010-11	9,000	50,000	18.0	11,068	50,000	22.1
2011-12	14,262	50,000	28.5	22,790	50,000	45.6
2012-13	22,693	50,000	45.4	30,788	50,000	61.6
2013-14	25,612	50,000	51.2	65,769	50,000	131.5
2014-15	45,799	50,000	91.6	26,730	50,000	53.5
2015-16	32,240	50,000	64.5	54,962	50,000	109.9
2016-17	43,462	50,000	86.9	53,312	50,000	106.6

Fuente: Elaboración propia

A continuación detallamos los principales resultados para cada una de ellas.

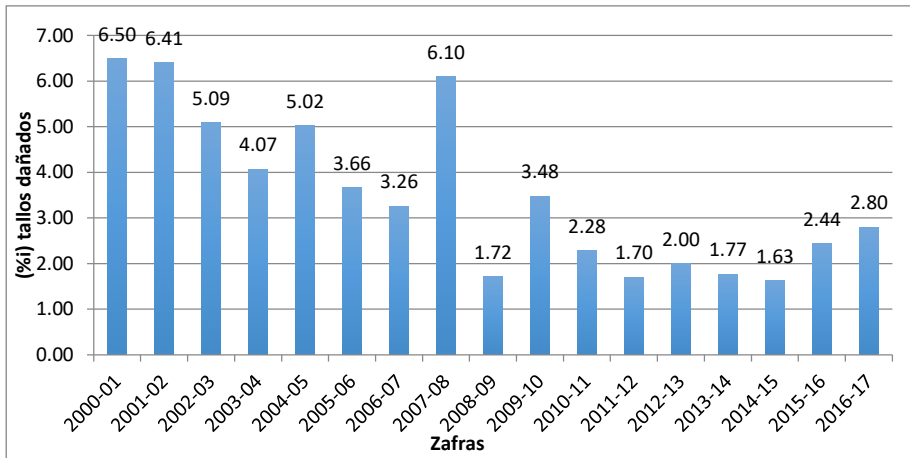
- Uso del cebo CAÑAMIP-CENGICAÑA para el control de roedores: Tecnología preventiva recomendada para iniciar su aplicación en lotes de caña de azúcar que en la cosecha presenten cinco o más por ciento de tallos dañados. Esos valores de tallos dañados se presentan normalmente en los estratos bajo (40 – 100 msnm) y litoral (0 – 40 msnm). Su techo de adopción es variable ya que para poder aplicarse en forma efectiva, necesita áreas que presenten esos porcentajes. En las últimas zafras el área afectada en estos estratos que presentaron cinco o más por ciento de tallos dañados antes de la cosecha fue constante. En la Figura 5.19 se observa que el cebo fue aplicado en la zafra 2003/2004 en 292 ha, su difusión y uso ha sido ascendente en área, aunque ésta está condicionada al cinco o más por ciento de tallos dañados. En la zafra 2004/2005 fue aplicado en 2517 ha que representa

el 5 por ciento de su techo de adopción, ya es empleado el cebo en el 2.5 por ciento del grupo de adoptadores innovadores y 2.5 por ciento de los de adoptadores tempranos (son el 13.5 %). En la zafra 2005/2006 ya fue aplicado en 10,459 ha; correspondiente al 21 por ciento de su techo de adopción, utilizado por el 13.5 por ciento de adoptadores tempranos y con 5 por ciento de mayoría temprana (son el 34 %). En la zafra 2008/2009 con 33892 ha donde usaron el cebo, alcanzo el 68 por ciento de su techo de adopción; usado por el 34 por ciento de los de mayoría temprana y 18 por ciento de mayoría tardía (son 34 %). A partir de la zafra 2011/2012 su techo de adopción varía entre el 46 al 132 por ciento de su techo de adopción, por lo que ya es utilizado por los de mayoría tardía y adoptadores rezagados (16 %). Su techo de adopción de acuerdo a estas últimas seis zafras se mantendrá superior al 90 por ciento.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.19. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología control de roedores y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2003/2004 a 2016/2017



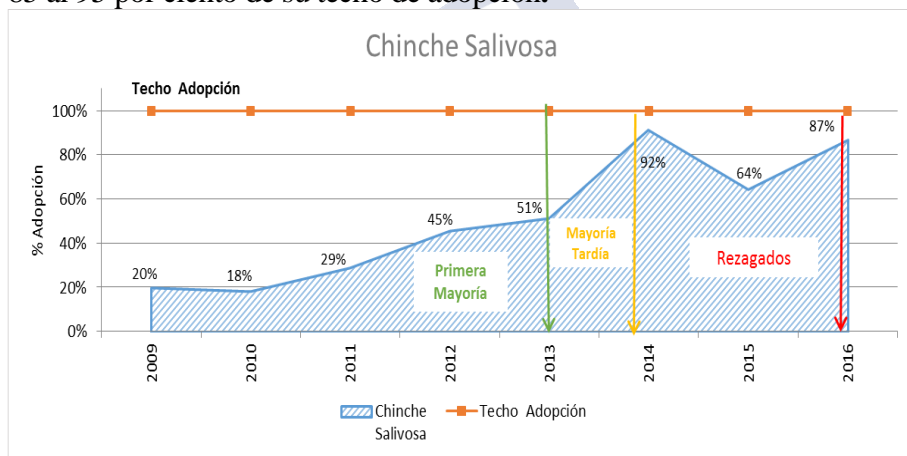
Fuente: Márquez, 2017

Figura 5.20. Porcentaje de tallos dañados en cosecha (%) en los estratos bajo y litoral, CAÑAMIP 2017

En la Figura 5.20, se evidencia como el porcentaje de tallos dañados por roedores en las áreas sembradas con caña de azúcar en los estratos bajo y litoral ha disminuido, de un promedio de 6.45 en las zafra 2000/01 y 2001/02 a valores entre 1.7 a 2.8 entre las zafra 2011/12 a 2016/17, lo cual indica que el daño ocasionado por los roedores en estos estratos ha disminuido, lo cual en parte se debe en parte a la aplicación del cebo CAÑAMIP-CENGICANA, adoptado en el 60 al 132 por ciento de las áreas dañadas. Así mismo se observa como el porcentaje de tallos dañados de caña ha disminuido consistentemente a lo largo de las 17 zafra analizadas.

•**Control de Chinche salivosa:** La tecnología es aplicada cuando los niveles de infestación de la Chinche salivosa (*Aenolamia postica*) presenta valores del 60 por ciento o más de área dañada. El techo de adopción es variable de acuerdo las áreas infestadas en cada zafra, las cuales son diferentes entre cada zafra, En la Figura 5.21 se observa que en la zafra 2009/2010 fue usada en 9807 ha que alcanza el 20 por ciento de su techo de adopción, usada por innovadores (2.5%), adoptadores temprano (13.5%) e inician a usarla los de mayoría temprana en 4 por ciento (representan el 34%), por lo que a partir de esta zafra, la difusión de la

tecnología para su adopción es apoyada por la comunicación social entre los productores. En la zafra 2011/2012 ya es usada en 14262 ha, que son el 28.5 por ciento del techo de adopción, los adoptadores tempranos ya la usan en el 12.5 por ciento (son el 34%), dos zafras después en la 2013/2014 ya es usada esta tecnología en 25612 ha, lo que representó el 51 por ciento de su techo de adopción, ya es usada por la totalidad de mayoría temprana (34%). Ya en la zafra 2014/2015 la tecnología es usada en el 91 por ciento de su techo de adopción y en la zafra 2016/2017 en el 86.9 por ciento de su techo de adopción, adoptada por los innovadores (2.5%), adoptadores temprano (13.5), mayoría temprana (34%), mayoría tardía (34%) y el 2.9 por ciento de los rezagados (son el 16%). Por su tendencia se prevé que los porcentajes de adopción en relación al techo de adopción será entre el 85 al 95 por ciento de su techo de adopción.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.21. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología control de chinche salivosa y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2009 a 2016

5.3.3 Fertilización

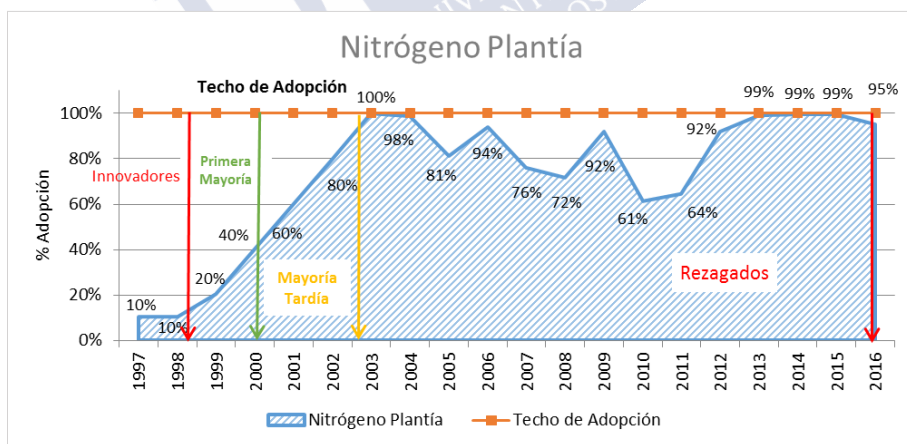
En el Cuadro 5.13 se presenta por zafra, el techo de adopción, área adoptada y el porcentaje de adopción en función del techo de adopción de las tecnologías de Fertilización analizadas.

Cuadro 5.13. Tecnologías seleccionadas de Fertilización con su techo de adopción, área adoptada y porcentaje de adopción por año

Zafra	Nitrógeno Plantía			Fósforo Plantía			Fósforo Soca			Potasio Plantía-Soca		
	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción
1997-98	1,620	16,200	10.0	2,500	3,240	77.2						
1998-99	1,910	19,100	10.0	2,500	3,820	65.4						
1999-00	4,160	20,800	20.0	2,500	4,160	60.1						
2000-01	8,404	21,010	40.0	2,500	4,202	59.5						
2001-02	13,380	22,300	60.0	2,500	3,345	74.7						
2002-03	18,800	23,500	80.0	2,500	3,525	70.9						
2003-04	24,047	24,100	99.8	2,500	3,615	69.2						
2004-05	24,025	24,400	98.5	2,500	3,660	68.3	28,981	72,576	39.9			
2005-06	21,137	26,100	81.0	2,500	3,915	63.9	43,429	72,576	59.8			
2006-07	26,433	28,200	93.7	2,500	4,230	59.1	28,075	72,576	38.7	25,211	41,003	61.5
2007-08	23,857	31,500	75.7	2,500	3,780	66.1	30,716	72,576	42.3	25,211	41,003	61.5
2008-09	23,424	32,700	71.6	2,500	3,924	63.7	22,874	72,576	31.5	20,224	41,003	49.3
2009-10	28,327	30,800	92.0	2,500	3,696	67.6	19,830	72,576	27.3	11,618	41,003	28.3
2010-11	18,478	30,200	61.2	2,500	3,624	69.0	45,789	72,576	63.1	8,362	41,003	20.4
2011-12	21,134	32,800	64.4	2,500	3,936	63.5	28,372	72,576	39.1	19,110	41,003	46.6
2012-13	38,686	42,160	91.8	2,500	4,216	59.3	34,989	72,576	48.2	25,211	41,003	61.5
2013-14	39,815	40,196	99.1	2,500	4,020	62.2	58,882	72,576	81.1	25,211	41,003	61.5
2014-15	31,732	31,948	99.3	2,500	3,195	78.2	67,461	72,576	93.0	25,211	41,003	61.5
2015-16	28,595	28,761	99.4	2,500	2,876	86.9	46,474	72,576	64.0	25,211	41,003	61.5
2016-17	19,310	20,326	95.0	3,423	3,500	97.8				25,211	41,003	61.5

Fuente: Elaboración propia

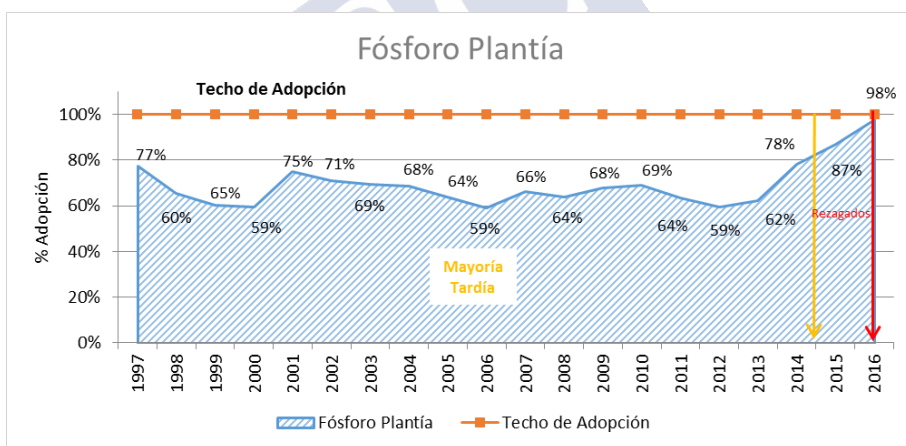
• Reducción de dosis de nitrógeno en plantía: Tecnología recomendada para ser usada en las renovaciones de la caña de azúcar (cada 5 ó 6 años) que consiste en reducción del fertilizante nitrogenado entre un 25 a 40 por ciento de la tecnología usada (115 kg de N/ha). El techo de adopción de esta tecnología es variable entre cada zafra, ya que está condicionada al área que cada ingenio renueva. Fue de las primeras tecnologías en ser adoptadas por los ingenios azucareros. En la Figura 5.22 se observa que en la zafra 1997/1998 era usada en 1620 ha que representa al 10 por ciento de su techo de adopción, adoptada por el grupo de adopción, innovadores (2.5 %), y 7.5 por ciento de los adoptadores tempranos (13.5 %). En la zafra 2000/2001 usada en 8404 ha, su techo de adopción era del 40 por ciento, adoptada por el 24 por ciento de mayoría temprana (34 %), y el 2.5 y 13.5 por ciento de los innovadores y adoptadores tempranos respectivamente. En la zafra 2003/2004 con 24047 que usaron la tecnología alcanzo el 99 por ciento de su techo de adopción, lo que representa que la tecnología fue usada por todas las categorías de adoptadores. Los porcentajes de adopción con respecto a los techos de adopción se mantienen cercanos al 90 por ciento de la zafra 2004/2005 a la 2016/2017.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.22. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología nitrógeno en plantía y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 1997 a 2016

- Aplicación de fósforo en plantía: Tecnología desarrollada para el estrato alto de la zona cañera (> de 300 msnm), con alta fijación de fósforo. Su techo de adopción es variable por zafra debido a que las áreas a renovar en cada zafra varían. En la Figura 5.23 se observa que ya en la zafra 1997/1998 era sembrada en 2500 ha, lo que representa el 77 por ciento de su techo de adopción, por lo que ya es usada por los innovadores (2.5%), adoptadores tempranos (13.5%), mayoría temprana (34%) y el 27 por ciento de los adoptadores tardíos (son el 34%). Esta área adoptada de 2500 ha, se mantiene constante de la zafra 1998/1999 a la zafra 2015/2016 con porcentajes del techo de adopción entre 60 al 80 por ciento. En la zafra 2016/2017 con 3423 ha donde se usa la tecnología alcanza el 97.8 por ciento del techo de adopción, lo cual indica que ya es adoptada por todos los grupos de adoptadores. La proyección de porcentaje del techo de adopción es que éste será superior al 90 por ciento en las siguientes zafras.

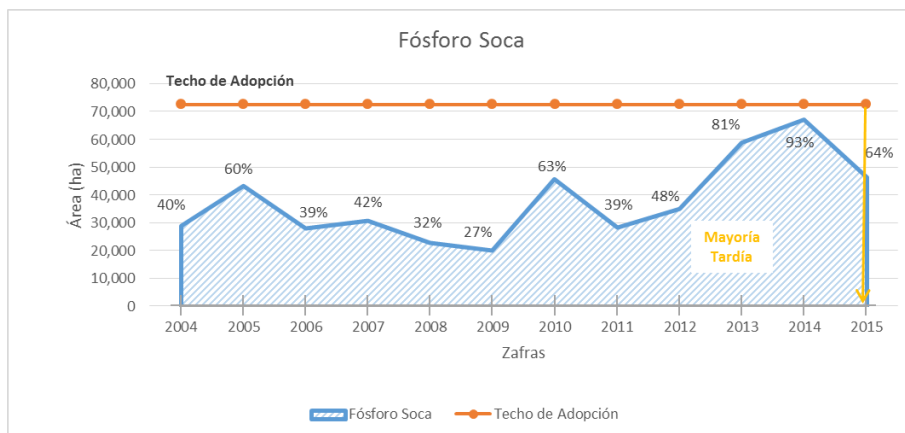


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.23. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología fósforo en plantía y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 1997 a 2017

- Aplicación de fósforo en soca: Tecnología desarrollado para suelos que tienen menos de 10 ppm de fósforo. El techo de adopción definido en base al mapa de fósforo de la zona cañera de Guatemala es de 72576 ha. En la Figura 5.24 se observa el ritmo y tasa de adopción de esta

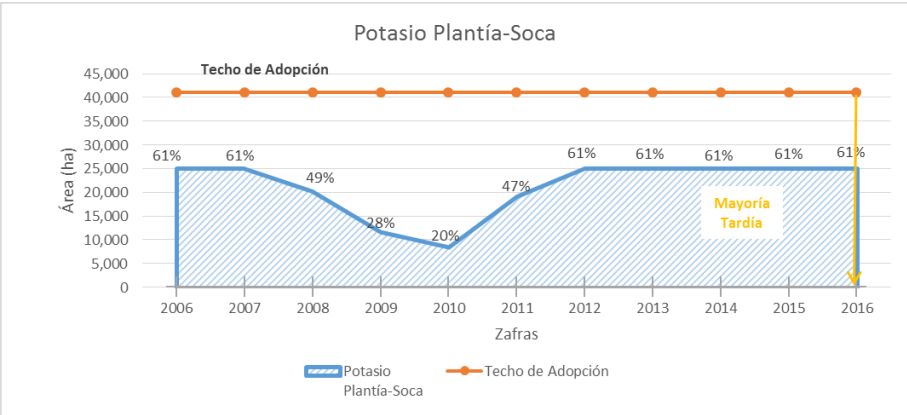
tecnología la cual inicio en la zafra 2004/2005 con el uso en 28,981 ha, que representa el 40 por ciento de su techo de adopción, que incluye como adoptadores a los innovadores (2.5%), adoptadores tempranos (13.5%) y el 24 por ciento de los de mayoría temprana (son el 34%), por lo que a partir de esta zafra la difusión de la tecnología fue apoyada por la comunicación informal por los adoptadores tempranos. En la zafra 2005/2006 la tecnología fue usada en 43429 ha, lo que equivale al 60 por ciento del techo de adopción, dentro de las categorías de adopción ya fue usada por el 34 por ciento de mayoría temprana y 10 por ciento de mayoría tardía. De la zafra 2006/2007 a la zafra 2012/2013 el área adoptada alcanzó techos de adopción entre el 25 al 63 por ciento. En la zafra 2013/2014 con 58882 ha adoptados, el techo de adopción alcanzado fue del 81 por ciento, las categorías de adoptadores que usaron la tecnología son los innovadores (2.5%), adoptadores tempranos (13.5%), mayoría temprana (34%) y el 31 por ciento de los de mayoría tardía (son el 34%). En la siguiente zafra 2014/2015 la tecnología fue aplicada en 67461 ha, lo que represento alcanzar el 93 por ciento del techo de adopción, la totalidad de mayoría tardía (34%) ya la usaron y el 9 por ciento de rezagados. En la zafra 2015/2016 el área donde se usó la tecnología disminuyo a 46474, solo el 64 por ciento del techo de adopción. De acuerdo a la proyección que puede tener el uso de esta tecnología, la adopción de ésta variará entre el 65 al 95 por ciento del techo de adopción de 72576 ha, dependiendo principalmente del precio del azúcar a nivel internacional (Contrato No. 11) y los precios del fertilizante.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.24. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología fósforo en soca y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2004 a 2016

- Aplicación del potasio en plantía y soca: Tecnología desarrollada para aplicar en plantía y soca en suelos arenosos y franco arenosos con < 150 ppm de potasio y suelos arcillosos y francos con < 300 ppm de potasio. Los suelos con estas características ocupan 41003 ha, que representan su techo de adopción. En la Figura 5.25 se observa que la tecnología en la zafra 2006/2007 fue aplicada en 25211 ha, que representa el 61.5 por ciento de su techo de adopción, esto significa que en esta zafra la tecnología ya fue utilizada por los innovadores (2.5%), adoptadores tempranos (13.5%), mayoría temprana (34%) y por el 11.5 por ciento de la mayoría tardía (son 34%), por lo que el grupo de los adoptadores tempranos han apoyado la difusión de la tecnología por el sistema social. El área donde es utilizada la tecnología permanece constante en las 25,211 ha, a excepción de la zafras 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 y 2011/2012, donde decrece en forma constante a 20,224, 11,618, 8,362 y 19,110 ha respectivamente, lo que significa techos de adopción de 49.4, 28.3, 20.4 y 46.6 por ciento respectivamente. En las cinco zafras siguientes 2012/2013 a 2016/2017, de nuevo la tecnología es usada en 25,211 ha. Se espera que los techos de adopción en las zafras siguientes estén entre el 50 al 80 por ciento de su techo de adopción.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.25. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología potasio en plantía y soca, y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2006 a 2016

5.3.4 Riegos

En el Cuadro 5.14 se presenta por zafra, el techo de adopción, área adoptada y el porcentaje de adopción en función del techo de adopción de las dos tecnologías de Riegos.

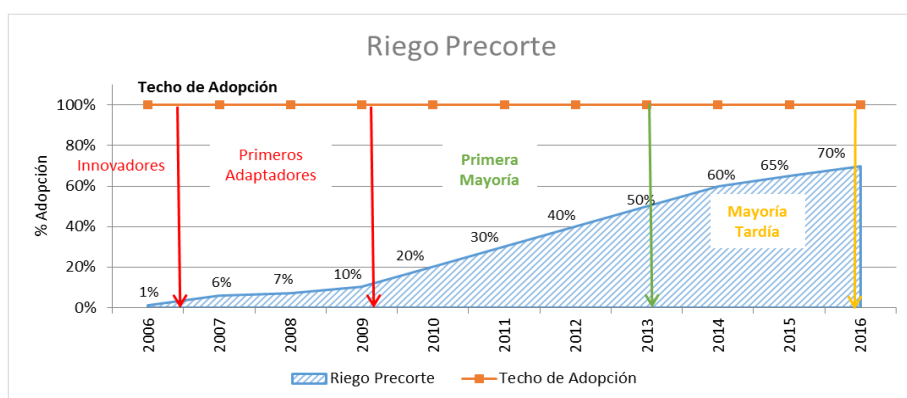
Cuadro 5.14. Tecnologías seleccionadas en riegos, con su techo de adopción, área adoptada y porcentaje de adopción por año

Año	Recomendación de Riego			Riego Precorte		
	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción
2006	114	11,400	1.0	158	15,750	1.0
2007	646	12,920	5.0	983	17,850	5.5
2008	1,050	15,003	7.0	1,451	20,728	7.0
2009	1,699	16,991	10.0	2,347	23,475	10.0
2010	5,763	19,211	30.0	5,117	25,586	20.0
2011	9,837	19,674	50.0	8,664	28,881	30.0
2012	13,207	20,319	65.0	15,203	38,008	40.0
2013	13,554	19,363	70.0	20,506	41,011	50.0
2014	15,298	20,397	75.0	23,897	39,829	60.0
2015	14,715	18,394	80.0	28,230	43,431	65.0
2016	17,462	21,827	80.0	24,255	34,649	70.0

Fuente: Elaboración propia

● Aplicación de riego precorte, tecnología recomendada para los estratos bajo (40 a 100 msnm) y litoral (0 a 40 msnm), en cañaverales cosechados en marzo, abril y mayo, en suelos de textura arenosa, franco arenosa, arcilloso y franco arcilloso. El techo de adopción varía entre zafra y va de 15,760 ha en la zafra 2006/2007 a 43,431 ha en la zafra 2015/2016. De acuerdo a la Figura 5.26 el uso de la tecnología de riego precorte inició en la zafra 2006/2007 en 158 ha que representan el 1 por ciento de su techo de adopción. En la zafra 2007/2008 la tecnología fue aplicada en 983 ha, que es el 5.5 por ciento del techo de adopción, por lo que ya fue aplicada por el 2.5 por ciento que representa a los innovadores, y el 3 por ciento de los adoptadores tempranos (son el 13.5%). En la zafra 2010/2011 la tecnología es usada en 5117 que representa al 20 por ciento de su techo de adopción, es adoptada por los innovadores (2.5%), adoptadores tempranos (13.5%) y por un 4 por ciento de los de mayoría temprano (34%). El apoyo de la difusión de la tecnología por los adoptadores tempranos se evidencia a partir de la zafra 2010/2011. Entre las zafra 2010/2011 y la zafra 2014/2015 el ritmo de adopción crece en forma constante en un 10 por ciento por año, y en la zafra 2014/2015 la tecnología es usada en 23897 ha, lo que

representa el 60 por ciento de su techo de adopción, ya es usada por innovadores (2.5%), adoptadores tempranos (13.5%), mayoría temprana (34%) y por el 10 por ciento de mayoría tardía. De la zafra 2014/2015 a la zafra 2016/2017 su ritmo de adopción crece en un 5 por ciento por año, en la zafra 2016/2017 la tecnología es aplicada en 24,255 ha que equivale al 70 por ciento de su techo de adopción, ya la tecnología es aplicada por el 20 por ciento de mayoría tardía. De acuerdo al comportamiento del ritmo y tasa de adopción, los techos de adopción en las siguientes zafras variará entre el 60 al 85 por ciento.

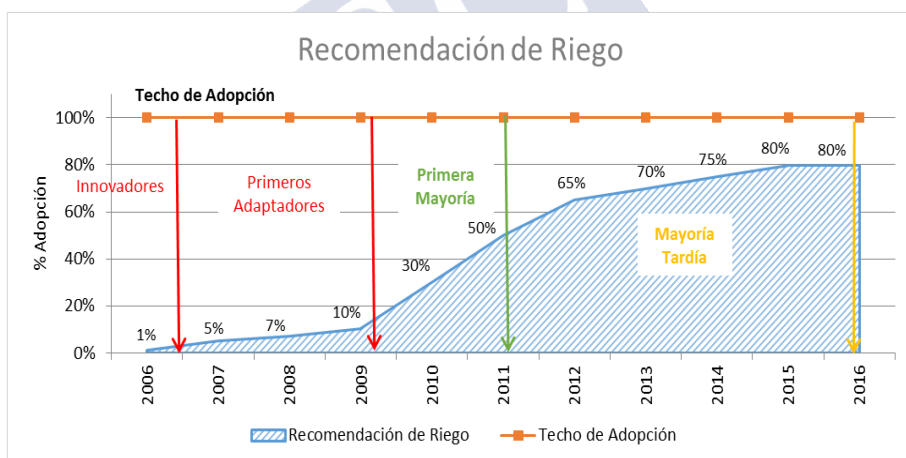


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.26. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología riego precorte y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2006 a 2016

- Recomendaciones del riego: Tecnología desarrollada para ser usada en los estratos bajo (40 a 100 msnm) y litoral (0 a 40 msnm), en las áreas cosechadas en noviembre, diciembre y enero en suelos de textura franco arenosa. Su techo de adopción varía entre zafras, de 11,400 ha en la zafra 2006/2007 a 21,827 ha en la zafra 2016/2017. De acuerdo a la Figura 5.27 en la zafra 2006/2007 la tecnología fue aplicada en 114 ha, que representan el 1 por ciento de su techo de adopción. Entre las zafras 2006/2007 a la 2009/2010 su ritmo de adopción creció en forma constante a un ritmo del 3 por ciento anual. En la zafra 2009/2010 la tecnología fue usada en 1700 ha que representó el 10 por ciento de su techo de adopción, aplicada por los innovadores (2.5%) y adoptadores temprano con 7.5 por ciento (son 13.5%). En las siguientes dos zafras su ritmo de adopción fue del 20 por ciento anual,

en la zafra 2010/2011 y 2011/2012 fue aplicada en 5,763, y 9,837 ha, lo que equivale al 30 y 50 por ciento del techo de adopción respectivamente. En la zafra 2011/2012 fue aplicada por innovadores (2.5%), adoptadores temprano (13.5%) y los de mayoría temprana (34 %). En la zafra 2012/2013 la tecnología fue aplicada en 13,207 ha, que representa al 65 por ciento del techo de adopción en esa zafra, ya es aplicada por el 15 por ciento de mayoría tardía. El ritmo de adopción de la zafra 2013/2014 a la zafra 2015/2016 crece en un 5 por ciento del techo de adopción por año, por lo que en la zafra 2015/2016 es aplicada en 14,715 ha, que representa el 80 por ciento del techo de adopción, la tecnología es aplicada por el 30 por ciento de mayoría tardía (son 34%), este 80 por ciento del techo de adopción se mantiene en la zafra 2016/2017, donde la tecnología es aplicada en 17,461 ha. De acuerdo al ritmo constante de crecimiento en la tasa de adopción en se considera que en las próximas zafras, la adopción por el uso de la tecnología se mantendrá entre el 75 al 90 por ciento de su techo de adopción.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.27. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología recomendación de riego y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2006 a 2016

5.3.5 Malezas y Madurantes

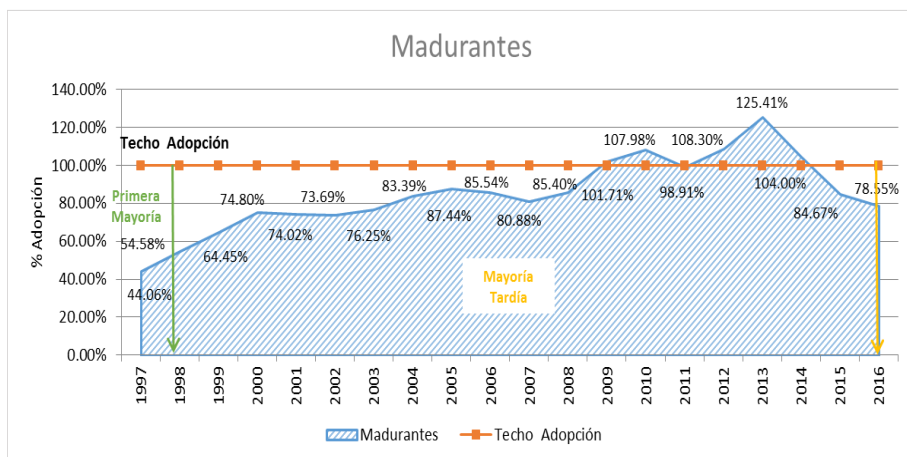
En el Cuadro 5.15 se presenta por zafra, el techo de adopción, área adoptada y el porcentaje de adopción en función del techo de adopción de las dos tecnologías de Malezas y Madurantes.

Cuadro 5.15. Tecnologías seleccionadas de Malezas y Madurantes con su techo de adopción, área adoptada y porcentaje de adopción por año

Zafra	Madurantes			Premadurante		
	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción	Área Adoptada (ha)	Techo Adopción (ha)	% de Adopción
1993-94	18,500	59,100	31.3			
1994-95	20,000	68,200	29.3			
1995-96	22,500	78,500	28.7			
1996-97	24,033	80,100	30.0			
1997-98	39,705	90,106	44.1			
1998-99	59,600	109,200	54.6			
1999-00	73,861	114,600	64.5			
2000-01	88,121	117,809	74.8			
2001-02	92,963	125,600	74.0			
2002-03	97,806	132,730	73.7			
2003-04	103,944	136,320	76.3			
2004-05	110,081	132,000	83.4			
2005-06	123,757	141,540	87.4			
2006-07	133,778	156,400	85.5			
2007-08	143,799	177,800	80.9			
2008-09	157,740	184,700	85.4			
2009-10	176,160	173,200	101.7			
2010-11	183,393	169,834	108.0			
2011-12	182,817	184,826	98.9			
2012-13	195,938	180,919	108.3	2,000	110,000	1.8
2013-14	224,855	179,298	125.4	5,000	110,000	4.5
2014-15	194,757	187,264	104.0	10,000	110,000	9.1
2015-16	158,604	187,316	84.7	15,000	110,000	13.6
2016-17	142,728	181,707	78.5	20,000	110,000	18.2

Fuente: Elaboración propia

- Uso de madurantes: Tecnología que se inició a usar antes de la fundación de CENGICAÑA, pero que CENGICAÑA evaluó a partir de 1992, la tecnología hace un efecto de acelerar y adelantar la concentración de azúcar, aumentando en promedio en cinco kg de azúcar recuperado por tonelada de caña, las experimentaciones realizadas fueron sobre días a cosecha después de la aplicación, dosis, respuesta de variedades en los meses de cosecha, productos. Su techo de adopción varía con la zafra de acuerdo a las áreas sembradas en cada zafra, y va de 59100 ha en la zafra 1993/1994 a 187316 ha en la zafra 2015/2016. En la Figura 5.28 se observa que en la zafra 2003/2004 la tecnología fue aplicada en 18500 ha, lo que representó el 31.3 por ciento de su techo de adopción, aplicada por los innovadores (2.5%), adoptadores tempranos (13.5%) y 15.3 por ciento de mayoría temprana (son el 34%), por lo que se considera que en la difusión de la tecnología hubo un apoyo de la comunicación entre productores de caña de azúcar. En las tres zafras siguientes el ritmo de adopción (en techo) no aumentó, se mantuvo entre el 29 al 30 por ciento. En la zafra 1997/1998 la tecnología fue aplicada en 39705 ha, que representa el 44.1 por ciento de su techo de adopción, tecnología aplicada por el 28.1 por ciento de mayoría temprana (son 34%). En la zafra 1998/1999 la tecnología fue aplicada en 59600 ha, que representa al 54.6 por ciento de su techo de adopción, adoptada por innovadores (2.5%), adoptadores temprano (16.5%), mayoría temprana (34%) y el 4.6 por ciento de mayoría tardía. En las zafras 1999/2000 y 2000/2001 su ritmo de adopción creció en un 10 por ciento por año en relación al techo de adopción, con un 74.8 por ciento en la zafra 2000/2001. En las tres zafras siguientes 2001/2002, 2002/2003, y 2003/2004, el techo de adopción se mantuvo entre 74 y 76 por ciento. En la zafra 2005/2006 la tecnología fue aplicada en 123757 ha lo que representó el 87.4 por ciento del techo de adopción, usada ya por los adoptadores tardías (34%) y 3.4 por ciento de los rezagados. En las siguientes zafras hasta la 2016/2017, los techos de adopción alcanzados fueron del 92.4 por ciento en la zafra 2009/2010 a 78.5 por ciento en la zafra 2016/2017. De acuerdo a la tendencia de las últimas zafras, los techos de adopción esperados para las próximas zafras serán entre el 70 al 90 por ciento del techo de adopción.

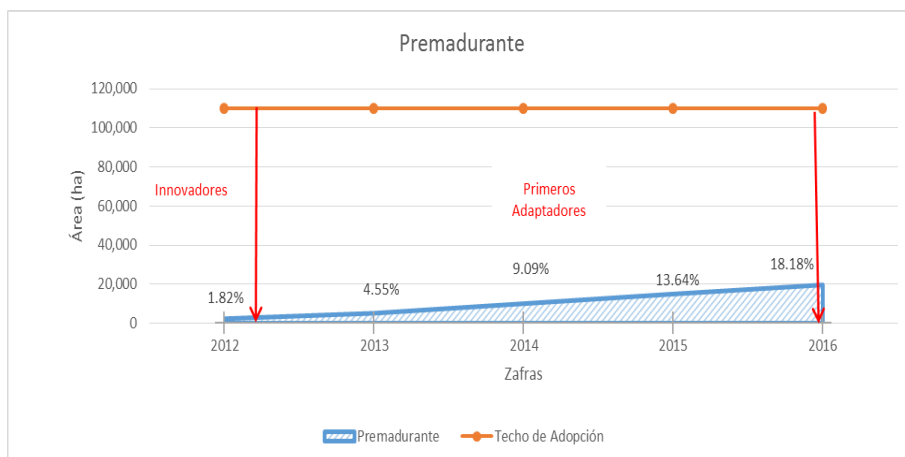


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.28. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología madurante y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Periodo de 1997 a 2016

- **Premadurante:** Tecnología desarrollada para favorecer el incremento del contenido de azúcar, en condiciones donde solo el madurante no tiene respuestas satisfactorias, la tecnología es recomendada en la etapa inicial de la maduración (8 meses) en condiciones de segundo y tercer tercio de cosecha, incluso en condiciones de estrés hídrico. La tecnología es a base de nutrimentos como potasio, fósforo y boro en mezcla con dosis bajas de glifosato. El techo de adopción definido es de 110,000 ha. De acuerdo a la Figura 5.29 su aplicación en la zafra 2012/2013 fue en 2,000 ha, lo que representó el 1.8 por ciento de su techo de adopción, en la zafra 2013/2014 ya la tecnología fue aplicada en 5,000 ha, lo que representó el 4.5 por ciento de adopción, adoptada por innovadores (2.5%) y 2 por ciento de adoptadores tempranos (son el 13.5%). En las siguientes tres zafas su ritmo de adopción ha sido de incremento en 5,000 ha por año, por lo que en la zafra 2014/2015 fue aplicada en 10,000 ha, que represento el 9.1 por ciento del techo de adopción. En la zafas 2015/2016 y 2016/2017 aplicada en 15,000 y 20,000 ha represento el 13.6 y 18.2 por ciento de su techo de adopción respectivamente. En 2016/2017 fue adoptada por los innovadores (2.5%), adoptadores temprano (13.5%) y el 2.1 por ciento por mayoría temprana (son el 34%). Se considera que a partir de la zafra 2017/2018

la difusión y adopción de la tecnología crecerá a mayores ritmos de adopción por año, por el apoyo que darán los adoptadores tempranos a la difusión de la tecnología, por lo que se estima que en la zafra 2020/2021 la tecnología va a ser adoptada en el 50 por ciento del techo de adopción.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.29. Techo de adopción, tasa y ritmo de adopción de la tecnología premadurante y el tiempo en que la tecnología es adoptada por las diferentes categorías de éstos. Período de 2012 a 2016

La adopción o uso de las variedades y tecnologías seleccionadas se determinó con la clasificación de las 5 categorías de adoptadores propuesta por Rogers y Shoemaker (1971). El 16 por ciento del techo de adopción (incluye innovadores y primeros adoptadores) en Variedades se alcanzó entre 1 y 4 años, en MIP de 1 a 2 años, en Fertilización de 1 a 2 años, en Riegos y Malezas y Madurantes en 4 años. Así mismo mas del 60 % de del techo de adopción en Variedades se alcanzo para 8 variedades entre 3 a 7 años, en MIP en 5 años, en Fertilización entre 2 a 4 años, en Riegos de 7 a 8 años y en Malezas y Madurantes para una tecnología en 2 años.

5.4 PRECIOS DEL AZÚCAR EN EL PERIODO 1992 A 2017

En este capítulo se presenta la información del comportamiento de los precios del azúcar en el Contrato No. 11, en el período de estudio de 1992 a 2017

En el Cuadro 5.16 se presenta los precios del azúcar en el Contrato No. 11 de 1992 a 2017, (ASAZGUA, 2018). Son los precios que se usaron para calcular los indicadores financieros de la inversión en variedades y las tecnologías en Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos, y Malezas y Madurantes. La variación anual en el tiempo de los precios por tonelada de azúcar para el Contrato No. 11 según la Figura 5.30, va de US\$ 129.67 en el 2001 a US\$ 554.08 en el 2010, variación que es de 3.27 más en el 2010 en relación al 2001. Esta tendencia a través del tiempo presenta un comportamiento de variación, que se establece en función de la demanda y oferta del azúcar en el Contrato No. 11.

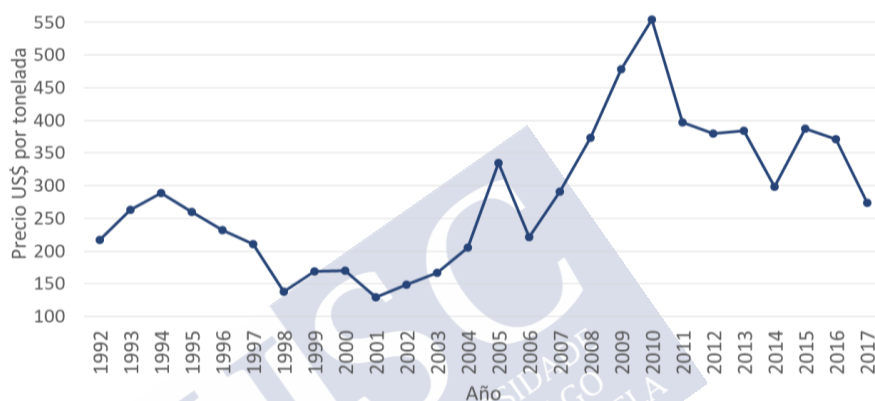
El comportamiento del precio del azúcar en el Contrato No. 11, tiene un comportamiento cíclico agrupado por años (de 4 a 6 años), que mantienen una tendencia; así de 1992 a 1997 el precio por tonelada de azúcar fue superior a US\$ 200; luego de 1998 a 2003 el precio por tonelada osciló entre US\$ 129.67 en 2001 a US\$ 169.63 en el 2000; de 2006 a 2010 mantiene un incremento constante promedio de US\$ 83.02 cada año, hasta alcanzar el precio más alto en el 2010 con US\$ 554.08 por tonelada de azúcar; luego en el 2011 el precio desciende a US\$ 396.39 (40 %), para mantenerse entre US\$ 298.65 a 387.48 entre 2012 a 2016.

Cuadro 5.16. Precios del azúcar en el mercado internacional, Contrato No. 11

Año	Precio \$ cnt/lb	Precio por Tonelada	Año	Precio \$ cnt/lb	Precio por Tonelada
1992	10.02	217.63	2005	15.42	334.92
1993	12.11	263.03	2006	10.22	221.98
1994	13.29	288.66	2007	13.41	291.27
1995	11.98	260.21	2008	17.18	373.15
1996	10.71	232.62	2009	22	477.84
1997	9.68	210.25	2010	25.51	554.08
1998	6.36	138.14	2011	18.25	396.39

Año	Precio \$ cnt/lb	Precio por Tonelada	Año	Precio \$ cnt/lb	Precio por Tonelada
1999	7.76	168.55	2012	17.5	380.10
2000	7.81	169.63	2013	17.67	383.79
2001	5.97	129.67	2014	13.75	298.65
2002	6.83	148.35	2015	17.84	387.48
2003	7.66	166.38	2016	17.09	371.19
2004	9.45	205.25	2017	12.62	274.11

Fuente: ASAZGUA, 2018



Fuente: ASAZGUA, 2018

Figura 5.3. Gráfico del precio del azúcar en el periodo 1992 a 2017, Contrato No. 11

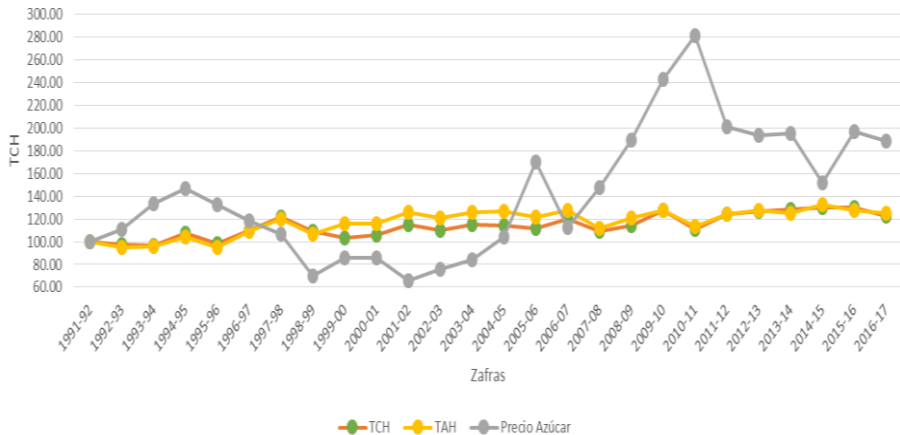
En el Cuadro 5.17 se presenta la información del precio de la tonelada de azúcar y la productividad de Guatemala en toneladas de caña por hectárea (TCH) y en toneladas de azúcar por hectárea (TAH). Al relacionar los precios de la tonelada de azúcar en el Contrato No. 11, con la productividad de Guatemala en TCH y TAH, se observa una relación alta entre el TCH y TAH con un coeficiente de correlación de $r = 0.87$, con alta significancia ($\text{Prob} < 0.0001$), mientras que la relación que se determina entre el precio de la tonelada de azúcar Contrato No. 11 y el TCH es de un coeficiente de correlación de $r = 0.47$, relación significativa ($\text{Prob} 0.0155$), el cual indica una relación media entre el precio y el TCH; al relacionar el precio con TAH el coeficiente de correlación obtenido es de 0.25, ($\text{Prob} 0.210$), relación no significativa, que indica una relación baja. En la Figura 5.31 se presenta el comportamiento de estas tres variables de 1992 a 2017, elaborado de

acuerdo a Levin (1988) con números índices y en ella se observa el crecimiento constante de las variables de productividad TCH y TAH, que difieren al comportamiento del precio. La información de los valores de los índices para las tres variables se presenta en el Cuadro 5.17.

Cuadro 5.17. Números índices de las variables TCH, TAH y Precio del Azúcar

ZAFRA	Productividad			Números Índices		
	TCH	Precio Azúcar	TAH	TCH	Precio Azúcar	TAH
1991-92	80.02	9.06	8.27	100.00	100.00	100.00
1992-93	77.92	10.02	7.86	97.37	110.60	95.11
1993-94	77.49	12.11	7.95	96.83	133.67	96.10
1994-95	86.11	13.29	8.62	107.61	146.69	104.26
1995-96	78.99	11.98	7.85	98.71	132.23	94.90
1996-97	88.21	10.71	9.04	110.23	118.21	109.34
1997-98	97.49	9.68	9.89	121.82	106.79	119.66
1998-99	87.40	6.36	8.83	109.22	70.20	106.75
1999-00	82.80	7.76	9.56	103.47	85.65	115.65
2000-01	84.64	7.81	9.56	105.77	86.20	115.66
2001-02	92.00	5.97	10.40	114.97	65.90	125.72
2002-03	88.32	6.83	9.98	110.37	75.39	120.69
2003-04	91.89	7.66	10.38	114.83	84.55	125.57
2004-05	91.30	9.45	10.45	114.09	104.30	126.37
2005-06	89.30	15.42	10.04	111.59	170.20	121.41
2006-07	96.31	10.22	10.54	120.35	112.81	127.46
2007-08	87.26	13.41	9.25	109.04	148.02	111.86
2008-09	91.12	17.18	10.02	113.87	189.63	121.21
2009-10	102.40	22.00	10.55	127.96	242.83	127.55
2010-11	88.52	25.51	9.38	110.62	281.57	113.47
2011-12	99.52	18.25	10.30	124.36	201.44	124.56
2012-13	101.68	17.50	10.57	127.06	193.16	127.88
2013-14	102.65	17.67	10.37	128.28	195.04	125.38
2014-15	103.96	13.75	10.97	129.91	151.77	132.63
2015-16	104.14	17.84	10.53	130.14	196.91	127.33
2016-17	98.23	17.09	10.35	122.75	188.63	125.16

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.31. Comparación de productividad en TAH, TCH y precio de azúcar

5.5 ANÁLISIS FINANCIERO DE LA INFORMACIÓN

En el siguiente capítulo se presentan los resultados de los indicadores financieros de la inversión en CENGICANA, Valor Actual Neto (VAN); Relación Beneficio Costo (B/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), para Variedades y las tecnologías en Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes, y el consolidado para CENGICANA en el periodo 1992 a 2017.

5.5.1 Variedades

En el Cuadro 1 del Anexo 4 se muestra como se calcularon los ingresos brutos de la AIA de la zafra 2011/2012 a 2016/2017. El Cuadro 1 considera para cada zafra las variedades CG e introducidas cosechadas, al área adoptada por año, el incremento en TAH por el uso de la nueva variedad, incremento total de la AIA en TAH, el precio de la t de azúcar en el Contrato No.11, el beneficio de la AIA por variedad por año y el beneficio total de la AIA. En el Cuadro 2 del Anexo 4 se presenta como se calculó el beneficio de la AIA por el uso de las

variedades CG, introducidas y la CP73-1547, el beneficio asignado para CENGICANÁ, definido en el 69, 35 y 10 por ciento respectivamente. La base para esta asignación se puede consultar en el Cuadro 4.4.

En el Cuadro 5.18 se recoge la información base para calcular los indicadores financieros del desarrollo de Variedades de 1992 a 2017. En la sección 4.1 se detalla cómo se calcularon los promedios (en porcentaje) de los costos para cada área de 1992 a 2017, los cuales se presentan en el Cuadro 5.3. En la sección 4.1 se detalla cómo se calcularon los promedios anuales de los costos por área de 1992 a 2017, los cuales se presentan en el Cuadro 5.3. Según la Figura 5.32 el desarrollo de variedades no generó ingresos brutos de 1992 a 2000, periodo en que la inversión fue de US\$ 38,125,299.58, debido a que para desarrollar una variedad el tiempo promedio a nivel mundial es de 12 años (Orozco, Ovalle y Quemé, 2001). Sin embargo en el 2001, inician los cobros, producto del uso de la variedad introducida CP88-1165 que fue sembrada en el 1.2 por ciento del área ocupada con caña, equivalente a 2,050 hectáreas. La adopción de la variedad CP88-1165, crece entre el 2002 al 2010 a una tasa 5,765 ha por año. De 2007 a 2010 el crecimiento de la tasa de adopción de dicha variedad es de 12,565 ha por año. De 2008 a 2017 los cobros también son aportados por la adopción de la variedad introducida la CP73-1547, al ser adoptada en 9,982.56 ha.

En el 2008 el costo total anualizado (con tasa de actualización del 10%) del desarrollo de variedades era de US\$ 51,721,520.59. En la Figura 5.32 se observa que en el 2008 se alcanza el equilibrio entre los costos en variedades y los cobros, los cobros en el 2008 son producto de la adopción de la variedad CP88-1165 en 23,231.64 ha y de la variedad CP73-1547 en 9,982.56 ha. A partir del 2009 los indicadores financieros son positivos en el desarrollo de variedades, generando ingresos netos. En el 2010 inicia la adopción de las variedades CG CENGICANÁ Guatemala con 573 ha en la variedad CG98-10 y la CG98-78 con 34 ha sembradas. En el 2012 la adopción de la variedad CP88-1165 llega a 68,620 ha sembradas, máxima área adoptada alcanzado por esta variedad, luego de lo cual inicia su descenso en área sembrada.

El beneficio neto anualizado de CENGICANÑA, alcanza su máximo valor por año en el 2010 con US\$ 39,207,925.96, en el 2011 disminuye a US\$ 22,448,178.38. Entre el 2010 al 2014 los beneficios netos anualizados de CENGICANÑA disminuyen, periodo en que la adopción de la variedad CP88-1165 inicia a descender, al ser afectada por la enfermedad caña seca (Ovalle y Catalán, 2013). De 2013 a 2017, los indicadores financieros positivos se sustentan en el aumento del área sembrada de la variedad CP73-1547 que de 2012 a 2015 crece en adopción a una tasa promedio de 4,358 ha por año. La adopción de las variedades CG98-10, CG98-78, CG98-46 y CG02-163 y la adopción de las variedades introducidas RB73-2577; SP71-6161 y SP79-1287 entre los años 2010 a 2017 son importantes para mantener los indicadores financieros positivos. En el 2017 a los beneficios netos de CENGICANÑA se le sumo el precio de rescate definido, que es el 20% de la sumatoria de los costos anualizados de 1992 a 2017, que incluye metodología de desarrollo de variedades, variedades comerciales en crecimiento de adopción, además de material genético para desarrollar variedades al 2017.

Los indicadores financieros del periodo 1992 a 2017 de Variedades según la Figura 5.32, son de Valor Actual Neto (VAN) de US\$ 164,489,259.96; relación Beneficio Costo (B/C) de 3.59 y Tasa Interna de Retorno (TIR) de 18.14 por ciento. Estos indicadores financieros favorables son similares a los obtenidos por Rojas (1993) en el Instituto para el mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA), en México que en el periodo 1962 a 1989 que determinó una TIR de 35 por ciento en el Proyecto de Mejoramiento de la Caña de Azúcar; mientras que Pinnaza, Gemente y Motsouca (1984) en Brasil, en el Plan Nacional del Azúcar (Planalsucar), determinaron una TIR de 35.14 por ciento, por el uso de la variedad introducida NA56-79 en el periodo 1972 a 1982. Las proyecciones para el 2025, en el uso de las variedades CG, desarrolladas por CENGICANÑA, en base a las planificaciones a mediano y largo plazo con los ingenios azucareros, pronostican que la adopción de las variedades CG puede alcanzar el 75 por ciento del área sembrada de la AIA en el 2025.

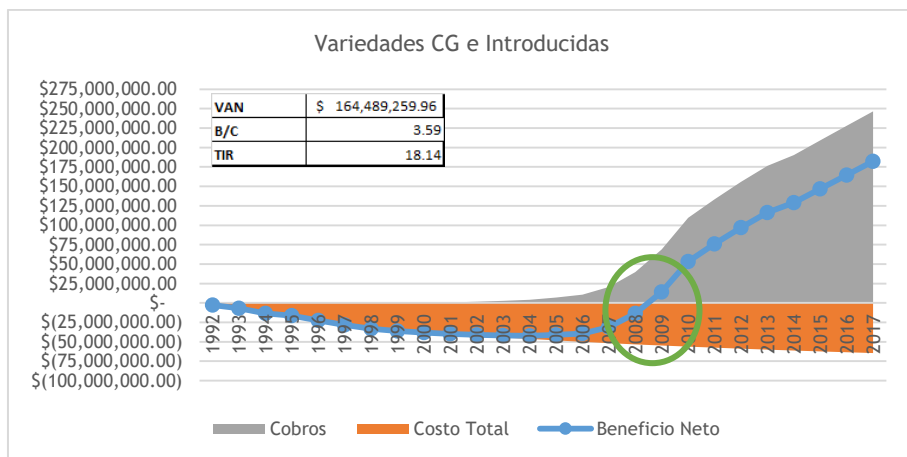
Por último señalar la semejanza de la curva de beneficios brutos y netos en el tiempo con la curva de adopción propuesta por Rogers y Shoemaker, (1971).



Cuadro 5.18. Indicadores financieros del desarrollo de Variedades. Años 1992 a 2017

Años	Costo Total \$US	Ingresos Brutos \$US	Costo Total Anualizado \$US	Beneficio Bruto Anualizado \$US	Beneficio Asignado a CG CG (69%) e Introducidas (35%) \$US	Beneficio Neto CENGICAÑA \$US
1992	(265,507.21)		(2,876,692.55)			(2,876,692.55)
1993	(407,754.93)		(4,016,277.04)			(4,016,277.04)
1994	(724,909.56)		(6,491,059.45)			(6,491,059.45)
1995	(361,130.64)		(2,939,702.73)			(2,939,702.73)
1996	(832,484.13)		(6,160,590.63)			(6,160,590.63)
1997	(851,400.06)		(5,727,793.84)			(5,727,793.84)
1998	(792,241.48)		(4,845,276.82)			(4,845,276.82)
1999	(542,126.63)		(3,014,179.25)			(3,014,179.25)
2000	(406,318.99)		(2,053,727.27)			(2,053,727.27)
2001	(487,781.06)	413,258.39	(2,241,340.80)	1,898,911.12	664,618.89	(1,576,721.91)
2002	(509,477.89)	646,267.89	(2,128,215.56)	2,699,621.38	944,867.48	(1,183,348.08)
2003	(521,555.69)	828,064.32	(1,980,606.87)	3,144,572.88	1,100,600.51	(880,006.36)
2004	(535,697.24)	1,132,909.88	(1,849,372.18)	3,911,112.16	1,368,889.26	(480,482.92)
2005	(589,944.98)	2,631,083.95	(1,851,500.06)	8,257,468.54	2,890,113.99	1,038,613.93
2006	(646,918.79)	3,717,324.16	(1,845,734.80)	10,605,959.67	3,712,085.88	1,866,351.08
2007	(655,211.83)	10,889,643.88	(1,699,450.74)	28,244,931.70	9,885,726.10	8,186,275.35
2008	(694,986.93)	29,663,099.91	(1,638,742.83)	69,944,037.95	19,137,794.41	17,499,051.58
2009	(672,374.85)	47,254,869.42	(1,441,295.20)	101,295,009.31	29,222,627.35	27,781,332.15
2010	(712,004.01)	70,225,834.18	(1,387,494.38)	136,850,283.94	40,595,420.34	39,207,925.96
2011	(769,933.96)	45,255,504.10	(1,363,984.97)	80,172,886.10	23,812,163.35	22,448,178.38
2012	(799,828.30)	47,699,651.47	(1,288,131.48)	76,820,765.69	22,443,119.85	21,154,988.37
2013	(833,105.59)	48,394,875.41	(1,219,749.90)	70,854,937.08	20,593,469.56	19,373,719.66
2014	(884,770.77)	36,639,000.79	(1,177,629.90)	48,766,510.06	13,872,805.61	12,695,175.71
2015	(933,468.41)	48,963,356.62	(1,129,496.78)	59,245,661.51	18,956,367.16	17,826,870.38
2016	(975,474.49)	49,615,918.91	(1,073,021.94)	54,577,510.80	18,729,658.20	17,656,636.26
2017	(1,019,370.84)	47,334,187.97	(1,019,370.84)	47,334,187.97	18,572,890.98	30,241,733.73

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.32. Indicadores financieros para Variedades CG e Introducidas. Período 1992 a 2017

5.5.2 Manejo Integrado de Plagas

En el Cuadro 3 del Anexo 4, se presenta como se calcularon los ingresos brutos por el uso del cebo CAÑAMIP-CENGICAÑA donde se consideró por año el área adoptada, los kg del cebo usados, el costo de la AIA si usara el testigo, el costo de la AIA con la nueva tecnología, el ahorro de la AIA, el ahorro anualizado y el beneficio asignado a CENGICAÑA (50%).

En el Cuadro 5.19 se presenta la información para calcular los indicadores financieros del área de Manejo Integrado de Plagas en el periodo 1992 a 2017. En el 2003 la inversión acumulada en el área fue de US\$ 4,091,454.75 sin obtener ningún ingreso bruto. Los ingresos brutos inician en el 2004 con la adopción de 292 ha (1 por ciento del techo de adopción) del cebo CAÑAMIP-CENGICAÑA para el control de roedores. Entre el 2006 a 2010 el promedio del crecimiento de la tasa de adopción en estos cinco años fue de 6,772.6 ha por año. En la Figura 5.33 se observa que el punto de equilibrio entre costos e ingresos brutos fue en el 2009, cuando los costos acumulados fueron US\$ 5,300,642.32. El inicio del uso de la tecnología del control en Chinche salivosa fue en

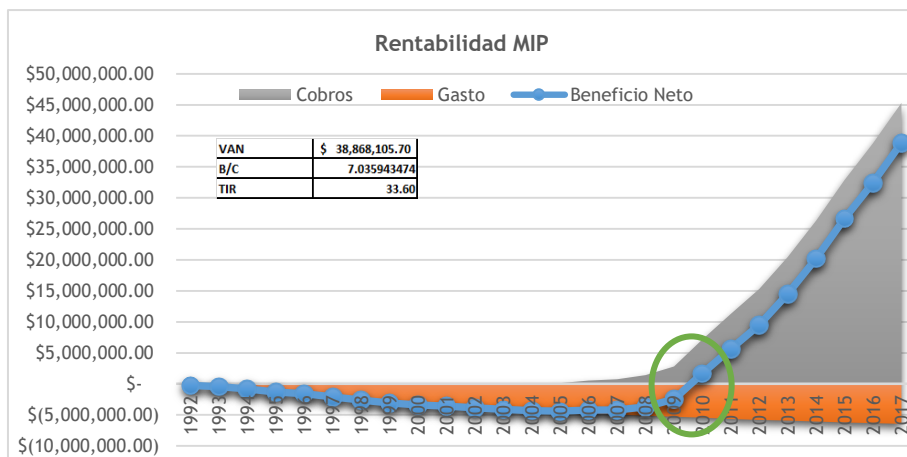
el 2009 con la adopción de 9,807 ha, que representa el 20 por ciento de las 50,000 ha definidas como el techo de adopción. Del 2009 a 2017 los beneficios netos mantienen un promedio de US\$ 5,222,188 por año, producto del incremento de la adopción de las dos tecnologías que para el 2017 alcanzan el 87 y 107 por ciento del techo de adopción para el control de Chinche salivosa y cebo CAÑAMIP-CENGICAÑA respectivamente. En el 2017 a los beneficios netos de CENGICAÑA se le sumo el precio de rescate definido, que es el 10% de la sumatoria de los costos anualizados de 1992 a 2017, esto incluye la metodología de trabajo en desarrollo de tecnologías en MIP, tecnologías en incremento de área de adopción y tecnologías promisorias, pendientes de validarse y transferirse.

Para el 2017 los indicadores financieros son valor Actual neto VAN de US\$ 41, 214,083.46; relación beneficio costo B/C de 12.34 y tasa interna de retorno TIR de 30.40. De igual manera la curva de beneficios brutos y netos se asemeja a la curva de adopción propuesta por Rogers y Shoemaker (1971).

Cuadro 5.19. Indicadores financieros del área de Manejo Integrado de Plagas en el periodo 1992 a 2017

Años	Costo Total MIP \$US	Ingresos Brutos \$US	Costo Total Anualizado \$US	Ingreso Bruto Anualizado \$US	Beneficio Asignado a CG \$US	Beneficio Neto CENGICAÑA \$US
3	(21,849.85)		(236,736.66)			(236,736.66)
1993	(21,849.85)		(215,215.15)			(215,215.15)
1994	(36,523.73)		(327,044.56)			(327,044.56)
1995	(66,171.45)		(538,653.80)			(538,653.80)
1996	(33,227.08)		(245,888.66)			(245,888.66)
1997	(80,259.95)		(539,948.79)			(539,948.79)
1998	(81,684.01)		(499,571.99)			(499,571.99)
1999	(80,172.47)		(445,752.30)			(445,752.30)
2000	(63,365.09)		(320,276.96)			(320,276.96)
2001	(49,915.86)		(229,362.04)			(229,362.04)
2002	(60,670.93)		(253,437.54)			(253,437.54)
2003	(63,085.30)		(239,566.31)			(239,566.31)
2004	(65,578.08)	13,591.25	(226,393.32)	46,920.67	23,460.33	(202,932.99)
2005	(67,409.62)	73,854.44	(211,560.25)	231,786.86	115,893.43	(95,666.82)
2006	(71,296.75)	265,890.79	(203,417.94)	758,617.46	379,308.73	175,890.79
2007	(77,840.42)	170,633.50	(201,898.01)	442,579.35	221,289.67	19,391.66
2008	(79,582.01)	572,285.93	(187,650.21)	1,349,420.29	674,710.14	487,059.93
2009	(83,163.20)	1,322,603.51	(178,267.70)	2,835,118.09	1,417,559.05	1,239,291.35
2010	(86,905.54)	4,453,850.03	(169,354.32)	8,679,293.71	4,339,646.85	4,170,292.54
2011	(90,816.29)	4,643,298.67	(160,886.60)	8,225,886.84	4,112,943.42	3,952,056.82
2012	(94,903.02)	5,006,264.60	(152,842.27)	8,062,639.20	4,031,319.60	3,878,477.33
2013	(99,173.66)	6,999,953.14	(145,200.16)	10,248,631.39	5,124,315.69	4,979,115.54
2014	(103,636.48)	8,875,049.47	(137,940.15)	11,812,690.85	5,906,345.42	5,768,405.28
2015	(108,300.12)	10,781,124.31	(131,043.14)	13,045,160.41	6,522,580.21	6,391,537.06
2016	(113,173.62)	10,717,551.21	(124,490.98)	11,789,306.34	5,894,653.17	5,770,162.18
2017	(117,041.83)	13,087,043.23	(117,041.83)	13,087,043.23	6,543,521.61	7,070,423.95

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.33. Indicadores financieros de Manejo Integrado de Plagas. Período 1992 a 2017

5.5.3 Fertilización

En el Cuadro 4 del Anexo 4, se describe como se calcularon los ingresos brutos por el uso del fósforo en plantía, para cada año se consideró el área adoptada, el precio del fertilizante por quintal, el costo de los 4 quintales aplicados/ha, precio de la t de azúcar en el Contrato No.11, el beneficio bruto/ha, el gasto de la AIA por el uso del fertilizante, el beneficio bruto de la AIA por el uso del fertilizante, el beneficio neto de la AIA, el beneficio neto anualizado y el beneficio asignado a CENGICANA del 50 por ciento.

En el Cuadro 5.20 se presenta la información para calcular los indicadores financieros del área de Fertilización en el periodo 1992 a 2017. De 1992 a 1997 la inversión en el área fue de US\$ 5,639,736.35 sin obtener ingresos brutos. En 1998, inician los ingresos brutos, producto del uso de dos tecnologías, reducción de dosis de nitrógeno en plantía y aplicación de fósforo en plantía en áreas de producción arriba de los 300 metros sobre el nivel del mar msnm, adoptadas en 1,620 ha y 2,500 ha respectivamente, que equivalen al 10 por ciento y 77 por ciento del techo de adopción definido para las dos tecnologías. El área

de adopción de la tecnología aplicación de fósforo en plantía se mantiene constante en 2,500 ha hasta el 2015. Para la reducción de dosis de nitrógeno en plantía el techo de adopción alcanzo en el 2003 el 100 por ciento, al ser adoptada en 24,047 ha, con un crecimiento entre 1998 a 2003 de 3,981 ha por año. Otras tecnologías que inician a ser adoptadas son la aplicación de fósforo en socas que en el 2004 fue usada en 28,981 ha, el 40 por ciento de su techo de adopción y la aplicación de potasio en plantía y soca, que inicio a adoptarse en 2006, en 25,211 ha, que representa el 61.4 por ciento de su techo de adopción.

Según la Figura 5.34 entre el 2004 y 2005 se alcanza el equilibrio entre los costos y los ingresos brutos, la inversión acumulada al 2005 fue de US\$ 10,715,680.22. A partir del 2005, los ingresos netos del Centro se mantienen entre 5 a 13 millones por año con un promedio de US\$ 9,021,289.52, anual. En el 2010 los ingresos netos asignados a CENGICAÑA alcanzan los US\$13.5 millones, año en que el precio de la t de azúcar alcanzó el precio de US\$ 554.08 en el Contrato No. 11, precio más alto de 1992 a 2017. Además del precio del azúcar los ingresos netos son influenciados por el precio del fertilizante y área adoptada. En el 2017 a los beneficios netos de CENGICAÑA se le sumo el precio de rescate definido, que es el 10% de la sumatoria de los costos anualizados de 1992 a 2017, esto incluye la metodología de trabajo en desarrollo de tecnologías en Fertilización, 4 tecnologías en incremento de área de adopción y tecnologías promisorias, pendientes de validarse y transferirse.

Los indicadores financieros del periodo 1992 a 2017 de Fertilización según la Figura 5.34, son de Valor Actual Neto (VAN) de US\$ 120,917,180.13; relación Beneficio Costo (B/C) de 17.3 y Tasa Interna de Retorno (TIR) de 45.90 por ciento. Estos indicadores financieros positivos son similares a los obtenidos por COOPERSUCAR (1996) en el Centro de Tecnología COOPERSUCAR, en Brasil en el periodo 1995 a 1996 que determinó una relación beneficio costo B/C de 6 y de Cuenya, Castanagro y Mariott (1996) en la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colindres, en Argentina en el periodo 1943 a 1964 con una tasa interna de retorno TIR entre 34.8 a 49 por ciento en

proyectos de investigación general. Las proyecciones de 2017 en adelante, en el uso de las cuatro tecnologías indican que las tasas de adopción se mantendrán cerca del 100 por ciento del techo de adopción y los beneficios netos por el uso de estas tecnologías variaran dependiendo de los precios del azúcar en el Contrato No. 11 y en los precios del fertilizante.

La curva de beneficios brutos y netos en el tiempo se asemeja a la curva de adopción propuesta por Rogers y Shoemaker (1971).

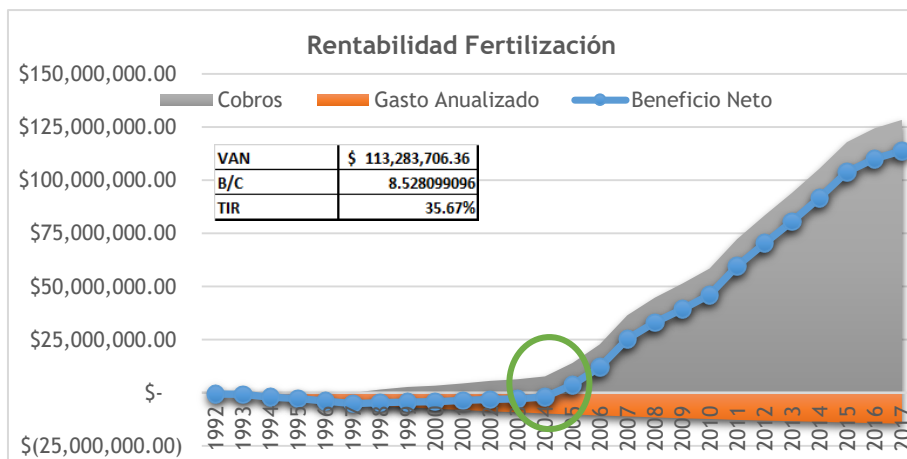
Las dos tecnologías adoptadas en 1998, son las primeras tecnologías desarrolladas por el Centro en ser adoptadas, su desarrollo (generación, validación y transferencia) fue de seis años.



Cuadro 5.20. Indicadores financieros del área de Fertilización en el periodo 1992 a 2017

Años	Costo Total \$US	Ingreso Bruto \$US	Costo Total Anualizado \$US	Ingreso Bruto Anualizado \$US	Beneficio asignado a CG \$US	Beneficio Neto CENGICAÑA \$US
1992	(47,341.33)		(512,929.44)			(512,929.44)
1993	(79,134.76)		(779,456.21)			(779,456.21)
1994	(143,371.48)		(1,283,791.55)			(1,283,791.55)
1995	(71,992.00)		(586,034.65)			(586,034.65)
1996	(173,896.55)		(1,286,877.94)			(1,286,877.94)
1997	(176,982.03)		(1,190,646.57)			(1,190,646.57)
1998	(173,707.02)	482,110.62	(1,062,376.31)	2,948,544.73	1,474,272.36	411,896.06
1999	(137,291.03)	426,653.17	(763,326.76)	2,372,156.37	1,186,078.18	422,751.42
2000	(108,151.04)	273,261.68	(546,646.19)	1,381,193.03	690,596.51	143,950.32
2001	(131,453.69)	473,978.22	(604,026.14)	2,177,917.10	1,088,958.55	484,932.41
2002	(136,684.81)	535,317.89	(570,966.36)	2,236,155.67	1,118,077.84	547,111.47
2003	(142,085.84)	452,141.70	(539,570.75)	1,717,007.34	858,503.67	318,932.92
2004	(146,054.17)	768,267.79	(504,218.60)	2,652,268.79	1,326,134.40	821,915.80
2005	(154,476.29)	3,984,093.85	(484,812.76)	12,503,793.20	6,251,896.60	5,767,083.84
2006	(168,654.25)	6,152,557.64	(481,190.26)	17,553,964.98	8,776,982.49	8,295,792.23
2007	(172,427.68)	10,598,421.66	(447,233.00)	27,489,576.26	13,744,788.13	13,297,555.13
2008	(180,186.93)	6,924,264.90	(424,871.35)	16,327,054.43	8,163,527.21	7,738,655.86
2009	(188,295.34)	6,221,071.94	(403,627.78)	13,335,420.20	6,667,710.10	6,264,082.32
2010	(196,768.63)	7,234,153.23	(383,446.40)	14,097,318.11	7,048,659.06	6,665,212.66
2011	(205,623.22)	15,670,634.85	(364,274.08)	27,761,485.55	13,880,742.77	13,516,468.70
2012	(214,876.26)	13,776,164.88	(346,060.37)	22,186,651.31	11,093,325.65	10,747,265.28
2013	(224,545.70)	14,487,627.08	(328,757.35)	21,211,334.81	10,605,667.40	10,276,910.05
2014	(234,650.25)	17,149,649.09	(312,319.49)	22,826,182.94	11,413,091.47	11,100,771.99
2015	(245,209.51)	20,661,248.91	(296,703.51)	25,000,111.18	12,500,055.59	12,203,352.08
2016	(253,590.63)	11,765,416.84	(278,949.69)	12,941,958.53	6,470,979.26	6,192,029.57
2017	(265,002.21)	7,943,549.62	(265,002.21)	7,943,549.62	3,971,774.81	5,211,584.17

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.34. Indicadores financieros de Fertilización. Período 1993 a 2017

5.5.4 Riegos

En el Cuadro 5, del Anexo 4 se presenta la forma de cómo se calcularon los beneficios asignados a CENGICAÑA, por la tecnología recomendación de riegos. La información se presenta por año, área adoptada, costo del uso de la tecnología, incremento de TAH por el uso de la tecnología, el precio de la t de azúcar en el Contrato No. 11, el beneficio bruto de la AIA, el beneficio neto de la AIA, el factor de Anualización, los beneficios brutos y netos de la AIA anualizados y el beneficio asignado a CENGICAÑA, que se consideró en el 50 por ciento de los beneficios netos de la AIA.

En el Cuadro 5.21 se presenta la información para calcular los indicadores financieros del área de Riegos en el periodo 1992 a 2017. De 1992 a 2006 (14 años) la inversión en el área fue de US\$ 3,388,242.98, periodo en que no se generaron ingresos brutos. En 2007, inician los ingresos brutos, producto de la adopción de dos tecnologías, recomendaciones de riego y riego precorte en 114 y 158 ha respectivamente, que equivalen en ambos casos el 1 por ciento del techo de adopción definido para cada una. La tasa de adopción promedio de las dos tecnologías entre

2007 y 2012 presentan un crecimiento anual de 2,182 ha para recomendaciones de riego y de 2,507 ha para riego precore. Según la Figura 5.35 el equilibrio entre los costos y los ingresos brutos se da entre 2010 y 2011, la inversión al 2010 fue de US\$ 4,102,551.51. Entre el 2010 a 2017 el beneficio neto crece entre US\$ 3 a 5.8 millones y en promedio US\$ 4,634,514.59. En el 2017 a los beneficios netos de CENGICANA se le sumo el precio de rescate definido que es el 10% de la sumatoria de los costos anualizados de 1992 a 2017, esto incluye la metodología de trabajo en desarrollo de tecnologías en Riegos, 2 tecnologías en incremento de área de adopción y tecnologías promisorias, pendientes de validarse y transferirse.

Los indicadores financieros del periodo 1992 a 2017 de Riegos según la Figura 5.28, son de Valor Actual Neto (VAN) de US\$ 31, 769,604.65; relación Beneficio Costo (B/C) de 11.44 y Tasa Interna de Retorno (TIR) de 28 por ciento. Estos indicadores financieros positivos son similares a los obtenidos por COOPERSUCAR (1996) en el Centro de Tecnología COOPERSUCAR, en Brasil en el periodo 1995 a 1996 que determinó una relación beneficio costo B/C de 6 y de Cuenya *et al.* (1996) en la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colindres, en Argentina en el periodo 1943 a 1964 con una tasa interna de retorno TIR entre 34.8 a 49 por ciento en proyectos de investigación general. Las proyecciones de 2017 en adelante, en el uso de las dos tecnologías en riegos indican que las tasas de adopción se mantendrán entre el 80 al 100 por ciento del techo de adopción y los beneficios netos por el uso de estas tecnologías variaran dependiendo de los precios del azúcar en el Contrato No. 11 y la disponibilidad y precio del agua.

La curva de beneficios brutos y netos en el tiempo se asemeja a la curva de adopción propuesta por Rogers y Shoemaker (1971).

Cuadro 5.21. Indicadores financieros del área de Riegos en el periodo 1992 a 2017

Zafra	Costo Total Riegos \$US	Ingreso Bruto \$US	Costo Total Anualizado \$US	Ingreso Bruto Anualizado \$US	Beneficio Asignado a CG \$US	Beneficio Neto CENGICAÑA \$US
1992	(18208.21)		(197280.55)		(197280.55)	-
1993	(30436.45)	-	(299790.85)	-	(299790.85)	-
1994	(55142.88)	-	(493765.98)	-	(493765.98)	-
1995	(27689.23)	-	(225397.94)	-	(225397.94)	-
1996	(66883.29)	-	(494953.05)	-	(494953.05)	-
1997	(68070.01)	-	(457940.99)	-	(457940.99)	-
1998	(66810.39)	-	(408606.27)	-	(408606.27)	-
1999	(52804.24)	-	(293587.22)	-	(293587.22)	-
2000		-	-	-	-	-
2001		-	-	-	-	-
2002	(52571.08)	-	(219602.45)	-	(219602.45)	-
2003	(54648.40)	-	(207527.21)	-	(207527.21)	-
2004	(56174.68)	-	(193930.23)	-	(193930.23)	-
2005	(59413.96)	-	(186466.45)	-	(186466.45)	-
2006	(64867.02)	56,818.09	(185073.18)	162,108.64	(266127.50)	81,054.32
2007	(66318.34)	131,481.79	(172012.69)	341,029.89	(1497.75)	170,514.95
2008	(69302.66)	414,250.64	(163412.06)	976,781.34	324,978.61	488,390.67
2009	(72421.28)	913,968.58	(155241.46)	1,959,172.83	824,344.96	979,586.41
2010	(75680.24)	3,638,686.91	(147479.38)	7,090,771.39	3,397,906.31	3,545,385.70
2011	(79085.85)	7,365,931.28	(140105.41)	13,049,196.58	6,384,492.88	6,524,598.29
2012	(82644.72)	7,075,621.00	(133100.14)	11,395,358.38	5,564,579.05	5,697,679.19
2013	(86363.73)	7,731,991.30	(126445.14)	11,320,408.47	5,533,759.10	5,660,204.23
2014	(90250.10)	9,692,137.46	(120122.88)	12,900,234.96	6,329,994.60	6,450,117.48
2015	(94311.35)	6,630,589.74	(114116.74)	8,023,013.58	3,897,390.06	4,011,506.79
2016	(97534.86)	8,518,052.19	(107288.34)	9,369,857.41	4,577,640.36	4,684,928.71
2017	(101923.93)	6,017,592.08	(101923.93)	6,017,592.08	3,441,389.17	3,008,796.04

Fuente: Elaboración propia

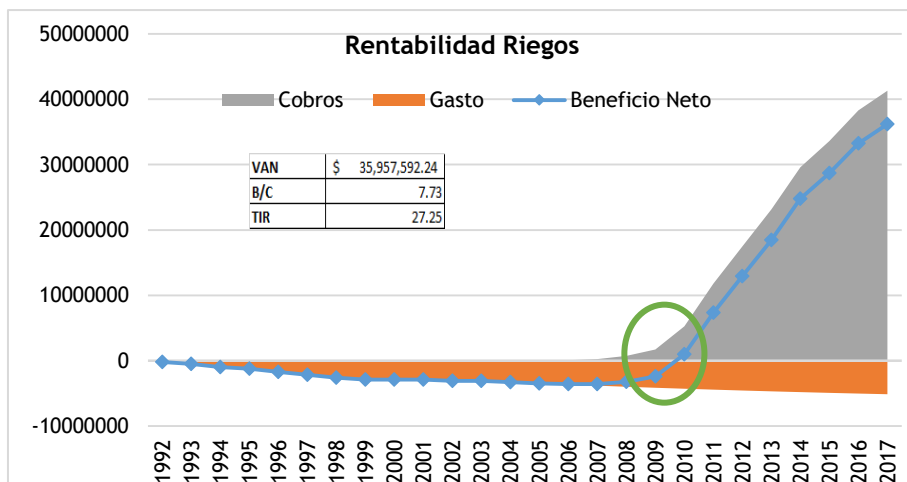


Figura 5.35. Indicadores financieros del área de Riegos. Período 1992 a 2017

5.5.5. Malezas y Madurantes

En el Cuadro 6 del Anexo 4, se presenta la información de cómo se calcularon los beneficios asignados a CENGICAÑA, por el uso de madurantes. La información que se presenta es por año y corresponde a área adoptada, costo total de la AIA por usar madurante, rendimiento en TCH, incremento de azúcar en kg/t de caña, incremento de TAH, precio del azúcar en el Contrato No. 11, beneficio bruto de la AIA, beneficio neto de la AIA, beneficio neto anualizado, y el beneficio asignado a CENGICAÑA que se definió del 5 por ciento para esta tecnología.

En el Cuadro 5.22 se presenta la información para calcular los indicadores financieros del área de Malezas y Madurantes en el periodo 1992 a 2017. Esta área solo en 1992 no genero ingresos brutos, la inversión en 1992 fue de US\$ 157,824.44. A partir de 1993 con la adopción de 18,498 ha, que se aplicaron con madurantes (equivalentes al 31.3 % de su techo de adopción) se inició la generación de ingresos brutos. La tasa promedio de adopción del uso de madurantes se incrementó en 7.5 por ciento anual en el periodo 1994 a 2000 cuando

alcanza en el 2000 el 74.8 por ciento del techo de adopción. En el periodo 2001 a 2009 crece constante y en el 2009 alcanza el 99 por ciento del techo de adopción. Según la Figura 5.36 el equilibrio entre los costos e ingresos brutos se alcanza en 1993. La inversión al 1993 fue de US\$ 219,674.7. Entre los años 1999 a 2007 al no existir el especialista del área, no generó costos. La segunda tecnología generada y adoptada por el área de Malezas y Madurantes es el uso de premadurantes que inicia a ser adoptada en el 2012 en 2,000 ha, que representa el 1.2 por ciento del techo de adopción. En el 2017 a los beneficios netos de CENGICANA se le sumo el precio de rescate definido, que es el 10% de la sumatoria de los costos anualizados de 1992 a 2017, esto incluye la metodología de trabajo en desarrollo de tecnologías en Malezas y Madurantes, 2 tecnologías en incremento de área de adopción y tecnologías promisorias, pendientes de validarse y transferirse.

Los indicadores financieros del periodo 1992 a 2017 de Malezas y Madurantes, según la Figura 5.36, son de Valor Actual Neto (VAN) de US\$ 17, 439,713.89; relación Beneficio Costo (B/C) de 9.17 y Tasa Interna de Retorno (TIR) de 70 por ciento. Estos indicadores financieros positivos son similares a los obtenidos por COOPERSUCAR (1996) en el Centro de Tecnología COOPERSUCAR, en Brasil en el periodo 1995 a 1996 que determinó una relación beneficio costo B/C de 6 y de Cuenya *et al.* (1996) en la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colindres, en Argentina en el periodo 1943 a 1964 con una tasa interna de retorno TIR entre 34.8 a 49 por ciento en proyectos de investigación general. Las proyecciones de 2017 en adelante, en el uso de las dos tecnologías indican que las tasas de adopción se mantendrán cerca del 80 por ciento para el uso de madurantes y para premadurantes la tasa de adopción se incrementa cada año, dado que ya está siendo utilizada por los innovadores y primeros adoptadores.

En general las curvas de los beneficios brutos y netos son similares a las curvas de adopción definidas por Rogers y Shoemaker (1971), esto debido al desarrollo de la difusión de las tecnologías.

Cuadro 5.22. Indicadores financieros del área de Malezas y Madurantes en el período 1992 a 2017

Zafra	Costo Total \$US	Ingreso Bruto \$US	Costo Total Anualizado \$US	Ingreso Bruto Anualizado \$US	Beneficio Asignado a CG \$US	Beneficio Neto CENGICAÑA \$US
1992	(14,566.56)	-	(157,824.44)	-	-	(157,824.44)
1993	(24,349.16)	399,147.58	(239,832.68)	3,931,496.97	196,574.85	(43,257.83)
1994	(44,114.30)	767,874.42	(395,012.79)	6,875,779.76	343,788.99	(51,223.80)
1995	(22,151.38)	884,740.45	(180,318.35)	7,202,030.50	360,101.53	179,783.17
1996	(53,506.63)	941,301.07	(395,962.44)	6,965,863.16	348,293.16	(47,669.28)
1997	(54,456.01)	1,277,776.06	(366,352.79)	8,596,238.36	429,811.92	63,459.13
1998	(53,448.31)	1,198,105.73	(326,885.02)	7,327,505.67	366,375.28	39,490.27
1999		(30,373.32)	-	(168,873.16)	(8,443.66)	(8,443.66)
2000		698,139.07		3,528,723.16	176,436.16	176,436.16
2001		1,061,522.48		4,877,667.14	243,883.36	243,883.36
2002		(72,675.80)		(303,584.85)	(15,179.24)	(15,179.24)
2003		571,152.00		2,168,948.76	108,447.44	108,447.44
2004		1,132,417.42		3,909,412.07	195,470.60	195,470.60
2005		2,458,207.53		7,714,908.27	385,745.41	385,745.41
2006		8,181,626.37		23,343,134.87	1,167,156.74	1,167,156.74
2007		3,327,223.19	-	8,629,960.05	431,498.00	431,498.00
2008	(55,442.13)	6,998,698.27	(130,729.65)	16,502,564.42	825,128.22	825,128.22
2009	(57,937.03)	10,737,503.81	(124,193.16)	23,016,793.01	1,150,839.65	1,026,646.49
2010	(60,544.19)	12,685,719.32	(117,983.51)	24,720,878.16	1,236,043.91	1,118,060.40
2011	(63,268.68)	19,084,614.19	(112,084.33)	33,809,558.20	1,690,477.91	1,578,393.58
2012	(66,115.77)	11,878,918.17	(106,480.11)	19,131,116.50	956,555.82	850,075.71
2013	(69,090.98)	11,789,508.67	(101,156.11)	17,261,019.65	1,020,102.63	918,946.52
2014	(72,200.08)	12,964,430.41	(96,098.30)	17,255,656.87	1,322,486.70	1,226,388.40
2015	(75,449.08)	9,496,737.13	(91,293.39)	11,491,051.93	1,458,168.23	1,366,874.84
2016	(78,027.89)	9,840,080.95	(85,830.68)	10,824,089.04	1,335,188.47	1,249,357.80
2017	(39,018.98)	10,376,226.26	(39,018.98)	10,376,226.26	2,633,303.63	2,845,786.83

Fuente: Elaboración Propia

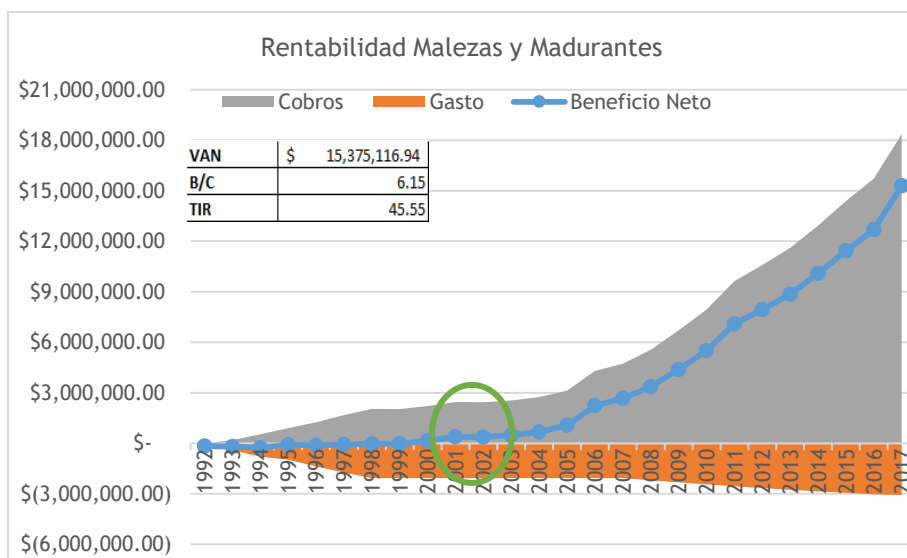


Figura 5.36. Indicadores financieros para Malezas y Madurantes. Período 1992 a 2017

5.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En este apartado se realiza un análisis de sensibilidad para las dos variables definidas como independientes; precio en US\$ de la tonelada de azúcar en el Contrato No. 11, en el escenario disminución del precio, y el incremento del costo de cada una de las áreas estudiadas. En el Cuadro 5.23 se presentan los resultados para una disminución del precio, en tres escenarios y aumento de los costos por área, en sus cuatro escenarios para las variables financieras VAN, Relación B/C y TIR.

Cuadro 5.23. Resultados de la disminución de los indicadores financieros VAN, B/C y TIR al disminuir el precio de la tonelada de azúcar y aumentar el costo por área, en valores totales y porcentaje

Programa	Rentabilidad	Análisis	Disminución/Precio Tonelada de azúcar U\$		
			50	100	150
Fertilización	VAN	113,283,706.36	92,424,052.80	71,564,399.24	50,913,423.25
			81.59%	63.17%	44.94%
	Beneficio Costo	8.53	7.14	5.76	4.38
			83.75%	67.49%	51.40%
	TIR	35.67%	32.65%	29.10%	25.10%
Riegos			91.53%	81.58%	70.37%
	VAN	35,957,592.24	30,541,915.00	25,126,237.76	19,710,560.51
			84.94%	69.88%	54.82%
	Beneficio Costo	7.73	6.71	5.70	4.69
			86.80%	73.74%	60.64%
MIP	TIR	27.25%	26.15%	24.90%	23.38%
			95.96%	91.38%	85.80%
	VAN	38,868,105.70	32,841,613.39	26,815,121.08	20,788,628.77
			84.50%	68.99%	53.49%
	Beneficio Costo	7.04	6.10	5.16	4.22
Variedades			86.71%	73.35%	59.99%
	TIR	33.60%	25.55%	24.20%	22.60%
			76.04%	72.02%	67.26%
	VAN	164,489,259.96	149,943,470.62	105,704,575.19	76,425,381.35
			91.16%	64.26%	46.46%
Malezas y Madurantes	Beneficio Costo	3.59	3.33	2.67	2.20
			92.58%	74.21%	61.36%
	TIR	18.14%	17.72%	16.29%	15.09%
			97.68%	89.80%	83.19%
	VAN	15,375,116.94	12,471,833.48	9,568,550.02	6,663,369.49
			81.12%	62.23%	43.34%
	Beneficio Costo	6.15	5.18	4.21	3.23
			84.23%	68.46%	52.52%
	TIR	45.55%	35.30%	28.50%	23.00%
			77.50%	62.57%	50.49%

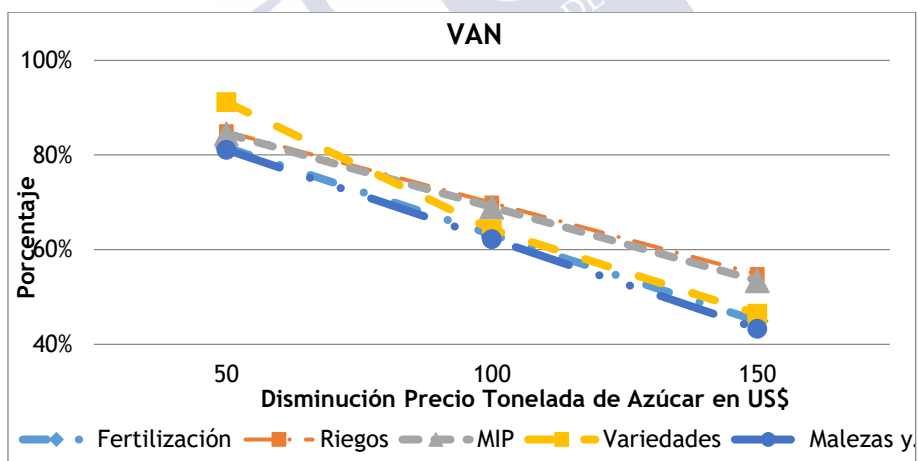
Continuación cuadro 5.23

Programa	Rentabilidad	Aumento Costo Área %			
		25	50	75	100
Fertilización	VAN	109,521,677.43	105,759,648.50	101,997,619.56	98,235,590.63
		96.68%	93.36%	90.04%	86.72%
	Beneficio Costo	6.82	5.69	4.87	4.264049548
		80.00%	66.67%	57.14%	50.00%
	TIR	32.75%	30.42%	28.50%	26.90%
		91.81%	85.28%	79.90%	75.41%
Riegos	VAN	34,621,299.61	33,285,006.97	31,948,714.34	30,612,421.71
		96.28%	92.57%	88.85%	85.13%
	Beneficio Costo	6.18	5.15	4.42	3.86
		79.95%	66.62%	57.18%	49.94%
	TIR	25.45%	23.99%	22.74%	21.66%
		93.39%	88.04%	83.45%	79.49%
MIP	VAN	37,258,245.29	35,648,384.88	34,038,524.47	32,428,664.07
		95.86%	91.72%	87.57%	83.43%
	Beneficio Costo	5.63	4.69	4.02	3.52
		80.03%	66.67%	57.14%	50.04%
	TIR	29.50%	26.80%	24.80%	23.10%
		87.80%	79.76%	73.81%	68.75%
Variedades	VAN	148,628,992.97	132,768,725.98	116,908,458.98	101,048,191.99
		90.36%	80.72%	71.07%	61.43%
	Beneficio Costo	2.87	2.40	2.05	1.8
		80.00%	66.67%	57.14%	50.10%
	TIR	16.75%	15.60%	14.62%	13.80%
		92.34%	86.00%	80.60%	76.07%
Malezas y Madurantes	VAN	14,687,846.86	14,012,293.56	13,287,966.54	12,563,639.51
		95.53%	91.14%	86.43%	81.71%
	Beneficio Costo	5.00	4.22	3.62	3.17
		81.30%	68.62%	58.86%	51.54%
	TIR	35.20%	30.10%	26.80%	24.40%
		77.28%	66.08%	58.84%	53.57%

Fuente: Elaboración Propia

Para el escenario de la reducción del precio de la t de azúcar en el Contrato No. 11 los resultados son los siguientes.

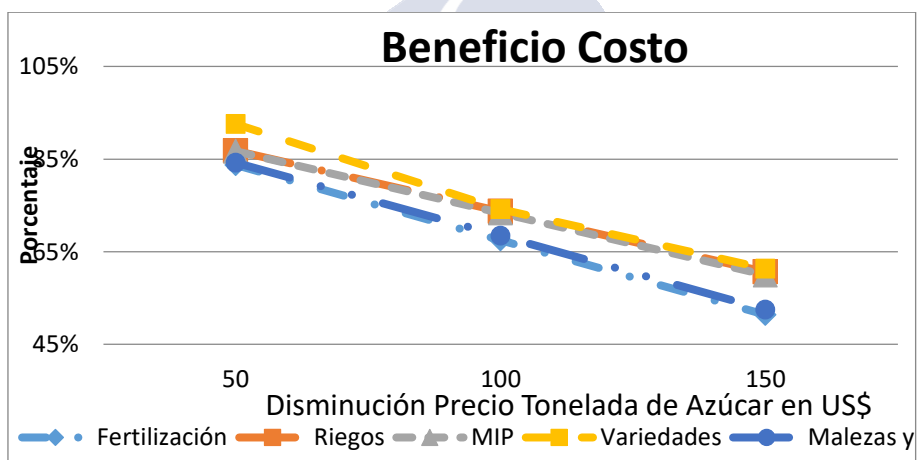
Valor Actual Neto VAN: De las cinco tecnologías analizadas en la Figura 5.37 se presenta el escenario, disminución del precio de la tonelada de azúcar. En el escenario de US\$ 150 menos por tonelada, es el área de Riegos la que menos disminución presenta en el VAN, con una disminución del 45.18 por ciento, ya que el VAN disminuye de US\$ 35,957,592 a US\$ 19,710,560; le sigue en ese orden, Manejo Integrado de Plagas que disminuye el 46.51 por ciento al bajar de US\$ 38,868,106 a US\$ 20,788,629; Variedades disminuye el 53.54 por ciento al bajar de US\$ 164,489,259.96 a US\$ 76,425,381.35; Fertilización disminuye el 53.06 por ciento el VAN al reducirlo de US\$ 113,283,706 a US\$ 50,913,423; y Malezas y madurantes disminuye el 56.66 por ciento el VAN, al reducirlo de 15,375,117 a US\$ 6,663,369. Para el Valor Actual Neto es el área de Maleza y Madurantes la más sensible a la disminución del precio del azúcar.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.37. Disminución en porcentajes del Valor Actual Neto VAN al disminuir el precio de la tonelada de azúcar en el Contrato No. 11, para las cinco áreas del estudio

Para la relación Beneficio Costo B/C, en la Figura 5.38 se presenta el escenario de la disminución del precio de la tonelada de azúcar, las cinco áreas analizadas presentan valores mayores a 2.2, incluso al reducirse el precio de la t de azúcar en US\$ 150, Variedades es el área con menos disminución con el 38.64 por ciento al reducirse la relación B/C de 3.59 a 2.2; el área de Riegos le sigue con disminución de la relación B/C de 39.36 por ciento, al reducirse la relación B/C de 7.73 a 4.69; luego Manejo Integrado de Plagas que disminuye su relación B/C en 40.01 por ciento al reducirse la relación de 7.04 a 4.22; Malezas y Madurantes disminuye el 47.48 por ciento la relación B/C, al bajar de 6.15 a 3.23; y Fertilización disminuye la relación B/C en un 48.6 por ciento, al bajar de 8.53 a 4.38. Es el área de Fertilización la más sensible a la disminución del precio por tonelada de azúcar.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.38. Disminución en porcentajes de la relación Beneficio Costo B/C al disminuir el precio de la tonelada de azúcar en el Contrato No. 11, para las cinco áreas del estudio

Para la Tasa Interna de Retorno TIR, en la Figura 5.39 se presenta el escenario de disminución del precio de la tonelada de azúcar, las cinco áreas presentan valores de TIR mayores del 10 por ciento, incluso con la disminución del precio de la t de azúcar en US\$ 150. El área de Riegos es la que menos disminución presenta, al bajar el 14.2 por ciento al disminuir la TIR de 27.25 a 23.38 por ciento; Variedades disminuye

en 16.81 por ciento, al bajar su TIR de 18.14 a 15.09; Fertilización baja su TIR en 29.63 por ciento, al disminuir de 35.67 a 25.1 por ciento; Manejo Integrado de Plagas disminuye su TIR en 32.74 por ciento, al bajar de 33.6 a 22.6 por ciento; y Malezas y Madurantes disminuye el 49.51 por ciento la TIR, al bajar de 45.55 a 23 por ciento. De nuevo es el área de Malezas y Madurantes la más sensible a la disminución de la TIR, al disminuir el precio del azúcar.

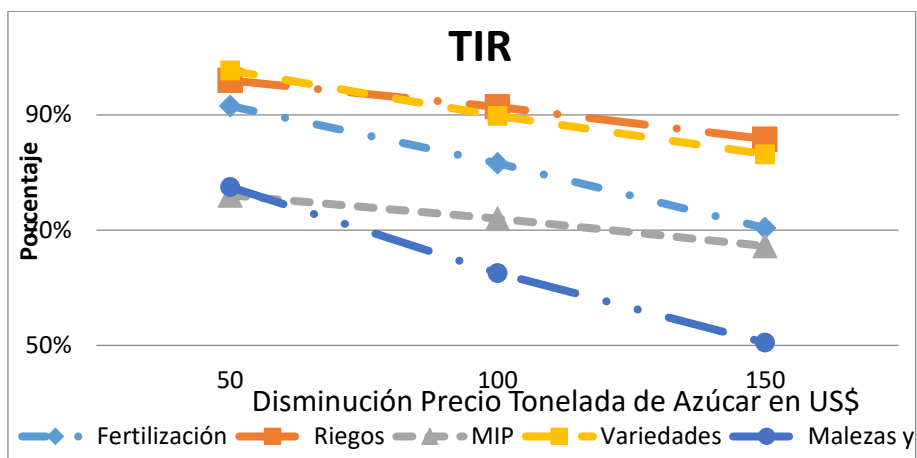
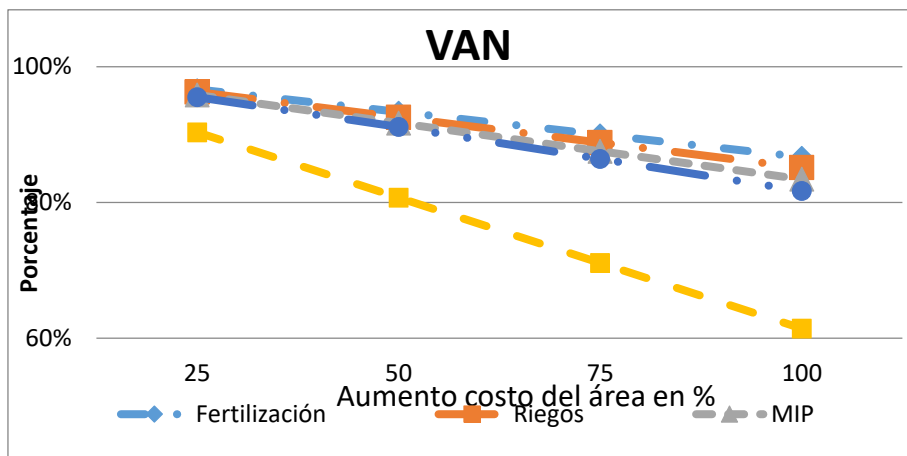


Figura 5.39. Disminución en porcentajes de la Tasa Interna de Retorno TIR al disminuir el precio de la tonelada de azúcar en el Contrato No. 11, para las cinco áreas del estudio

Para los cuatro escenarios del incremento del costo de las cinco áreas evaluadas, los resultados del análisis de sensibilidad son:

Valor Actual Neto VAN, en la Figura 5.40 se presenta para el escenario de incremento del costo en las cinco áreas sujetas de estudio, donde todas presentan VAN mayores de cero en los cuatro escenarios, incluso incrementando en un 100 por ciento el costo de cada área, Fertilización es el área que menos disminución presenta al incrementar su costo en un 100 por ciento, baja 13.28 por ciento, al disminuir el VAN de US\$ 113,283,706 a US\$ 98,235,590; Riegos baja un 14.87 su VAN, al disminuir el VAN de US\$ 35,957,592 a US\$ 30,612,422; Manejo Integrado de Plagas baja 16.57 por ciento el VAN al disminuir de US\$ 38,868,106 a US\$ 32,428,664; Malezas y Madurantes

disminuye el 18.29 por ciento al disminuir de US\$ 15,375,117 a US\$ 12,563,639; Variedades disminuye 38.57 por ciento el VAN, baja de US\$ 164,489.260 a US\$ 101,048,192. El área de Variedades es la más sensible a disminuir el VAN al incrementar el costo del área.

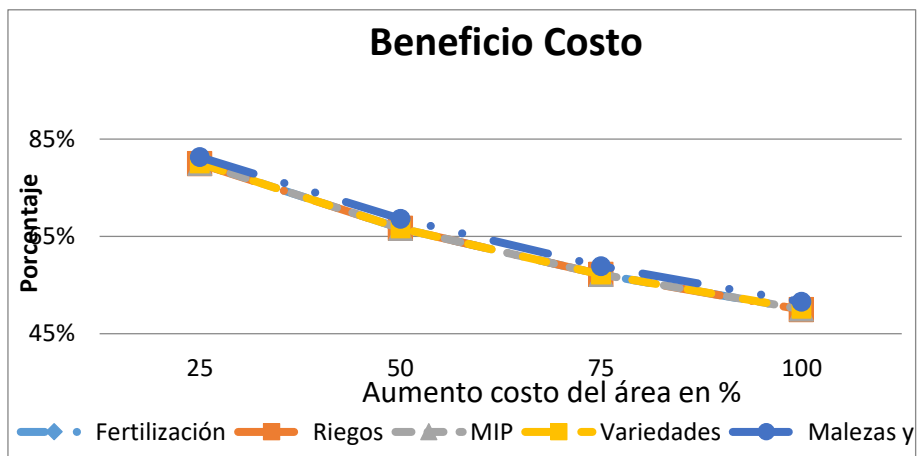


Fuente: Elaboración propia

Figura 5.40. Disminución en porcentajes del Valor Actual Neto VAN al incrementar costo por área, para las cinco áreas del estudio

Relación Beneficio Costo B/C, en la Figura 5.41 se presenta el comportamiento de la relación B/C para los cuatro escenarios de incremento de costo de las cinco áreas sujetas al estudio, en todas las relaciones B/C, es superior a 1, incluso al aumentar en un 100 por ciento el costo de las áreas. Malezas y madurantes es el área que presenta menos disminución en la relación B/C, al incrementar en un 100 por ciento el costo del área, disminuye el 48.46 por ciento, al bajar la relación B/C de 6.15 a 3.17; Variedades disminuye el 49.90 por ciento la relación B/C, al incrementar en 100 por ciento su costo, baja de 3.59 a 1.8 la relación B/C; Manejo Integrado de Plagas al incrementar en 100 por ciento el costo, disminuye en 49.96 por ciento la relación B/C, al bajar de 7.04 a 3.52; Fertilización disminuye en 50 por ciento la relación B/C, al bajar de 8.53 a 4.26; y Riegos bajo el mismo escenario de incremento del costo del área, disminuye la relación B/C en 50.06 por ciento, al bajar de 7.73 a 3.86. Para la relación B/C en los escenarios del aumento del costo de operación en 25, 50, 75 y 100 por ciento, las

áreas mas sensibles al aumento del costo son Riegos que durante dos años no generó costos y Fertilización que tiene asignado el 13 por ciento del presupuesto del Centro. Las áreas menos sensibles para la relación B/C fueron Malezas y madurantes y Variedades.

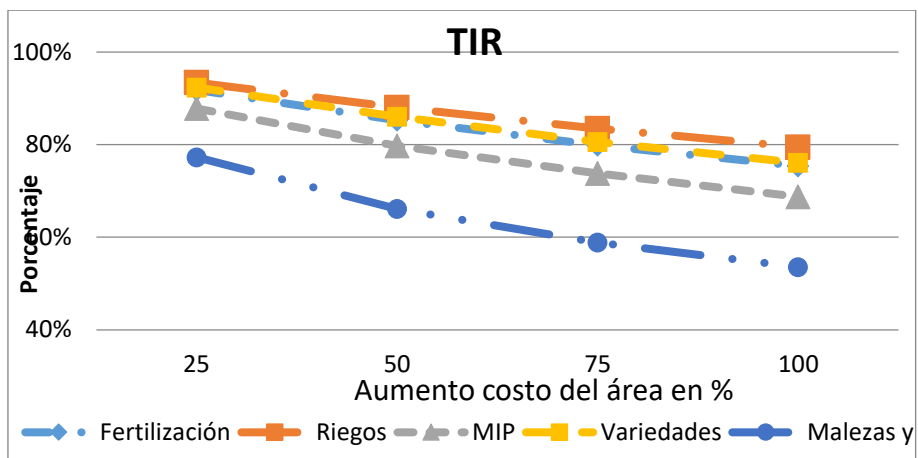


Fuente: Elaboración propia

Figura 5.41. Disminución en porcentajes de la relación Beneficio Costo B/C al incrementar el costo por área, para las cinco áreas del estudio

Para la Tasa Interna de Retorno TIR, en la Figura 5.42 se presenta el comportamiento de los cuatro escenarios de incremento del costo de operación de las cinco áreas, en todos la TIR, fue superior al 10 por ciento que fue la TIR usada en el estudio como tasa de actualización. Riegos en el escenario de incremento del costo de operación de 100 por ciento, es el área que menos disminución en la TIR presenta, con el 21.51 por ciento, al bajar de 27.25 a 21.66 por ciento; Variedades bajo el mismo escenario disminuye en 23.87 por ciento la TIR, al bajar de 18.14 a 13.8 por ciento; Fertilización en el escenario de incrementar su costo de operación 100 por ciento, disminuye la TIR en 24.59 por ciento, al bajar de 35.67 a 26.9 por ciento; Manejo Integrado de Plagas bajo el mismo escenario, disminuye la TIR en 31.25 por ciento, al bajar de 33.6 a 23.1 por ciento; y Malezas y Madurantes en el escenario de incremento del costo de operación en 100 por ciento, disminuye la TIR en 46.43 por ciento, al bajar de 45.55 a 24.4. El área más sensible al

incremento del costo de operación es Maleza y Madurantes, aunque con TIR superiores al 10 por ciento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.42. Disminución en porcentajes de la Tasa Interna de Retorno TIR al incrementar el costo por área, para las cinco áreas del estudio

Al comparar, los dos escenarios analizados, en general la rentabilidad de la investigación es más sensible a la disminución del precio de la t de azúcar en el Contrato No. 11.

6 CONCLUSIONES

El uso del método de imputación contable del excedente económico, para el análisis de la rentabilidad del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar CENGICAÑA en el periodo 1992 a 2017, constituye un importante elemento de apoyo para evidenciar la rentabilidad de la inversión en investigación en el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala.

La existencia de una metodología de trabajo sistematizada en la elaboración de Planes estratégicos (quinquenales), Plan Operativo Anual, elaboración y publicación de Informes Anuales, Memorias de Presentación de resultados de investigación anuales, y otra publicaciones, facilitó la captura de la información base para la elaboración del presente estudio Rentabilidad de la investigación del centro de 1992 a 2017.

Como se pudo evidenciar CENGICAÑA tiene un importante papel dentro del sistema de innovación, actuando como nexo entre la industria y las instituciones educativas, desarrollando actividades de transferencia de tecnología, capacitación y publicaciones.

Importante recordar el carácter privado de CENGICAÑA, lo que implica que la participación de los ingenios es parte fundamental a la hora de definir las etapas del proceso de innovación tecnológico. Así el Plan Operativo Anual se define conjuntamente por la dirección de CENGICAÑA y los ingenios; los recursos proceden de la industria y por lo tanto la priorización de las actividades se establece de acuerdo con sus condiciones.

A partir de la creación de CENGICAÑA, la productividad crece de 7.77 en el quinquenio 1988/89 a 1992/93 toneladas de azúcar por hectárea TAH a 10.77 en el periodo 2013/14 y 2014/15.

El estudio expost de la rentabilidad de la inversión en investigación en CENGICANA, fue elaborado en los plazos adecuados recomendados por Alston de 20 a 30 años, por el tiempo que lleva la generación de las variedades y tecnologías y el retardo en la adopción de las tecnologías.

Las curvas de adopción obtenidas en la mayoría de los casos presentaron poco retardo en la adopción y en el 55 por ciento de las curvas elaboradas se alcanzó el 16 por ciento de adopción en relación a los techos de adopción establecidos en 3 o menos años después de entregadas al cliente las variedades y tecnologías. Este 16 por ciento de adopción permitió que la difusión se realizará en los sistemas de los productores. Por área las cuatro tecnologías de fertilización lograron en 1 y 2 años ese 16 por ciento, por lo que fueron las que en menos tiempo lograron ese porcentaje, lo cual es congruente con el equilibrio entre el 2004 y 2005 que esta área alcanzo entre gastos e ingresos, así mismo de esta área fue donde se adoptaron tecnologías en menos tiempo, ya que a partir de 1998 se inició la adopción de éstas.

La asignación del presupuesto se hace con los criterios de la prioridad e importancia que asigna el personal gerencial a las actividades de CENGICANA y al aporte en incrementar la productividad que puede dar cada área. En su orden el área que ha recibido el mayor porcentaje del presupuesto es variedades.

La Lista de Requisitos del Cliente, es una herramienta valiosa que guía las acciones de las áreas del centro, para generar, validar y transferir Variedades y tecnologías en Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes que reúnan las características aceptadas por los ingenios. El cumplimiento de estos requisitos en sus características agronómicas y financieras, facilita la integración de las variedades y tecnologías a los usuarios, lo cual propicia que las tasas y ritmo de adopción se aceleren.

La variación de los precios del azúcar en el Contrato No. 11 es una amenaza para la sostenibilidad del centro, lo cual se evidencio con la falta de especialistas de las áreas de Riegos (en dos años) y Malezas y madurantes (en nueve años), lo cual es negativo para el desarrollo de

las tecnologías. A pesar de la variabilidad que presenta los precios en el Contrato No. 11, el incremento de la productividad de caña y azúcar en Guatemala ha sido constante.

Las Variedades y tecnologías de Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes, generadas y validadas, que fueron seleccionadas para el análisis, tienen definido las zonas de producción (ambientes) y épocas en las cuales presentan indicadores de producción y financieros mejores que las variedades y tecnologías usadas comercialmente, esto permite definir el techo de adopción, además la información que el Centro recopila en los diferentes eventos de benchmarking que realiza, permite darle seguimiento al avance del uso de las variedades y tecnologías, para estimar las tasas y ritmo de adopción.

El 66 por ciento de las variedades entregadas son recomendadas para ser cosechadas en los meses de marzo y abril, meses que históricamente han presentado los menores rendimientos de TCH y TAH, el uso de estas variedades ha contribuido para que en las últimas dos zafas los rendimientos de TCH y TAH disminuyan menos en marzo y abril.

El uso del cebo CAÑAMIP-CENGICAÑA, en los estratos bajo y litoral ha incidido en la disminución del porcentaje de tallos dañados por roedores, de un 6-7 por ciento en el 2000 a 1.5-3 por ciento de 2010/2011 a 2016/2017.

Los indicadores financieros para el periodo 1992 a 2017 para el desarrollo de Variedades y las tecnologías en Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riego y Malezas y Madurantes determinados son favorables, para Variedades fueron VAN de US\$ 164,489,259.96; relación B/C 3.59 y TIR de 18.14%; en MIP el VAN fue de US\$ 38,868,105.7; relación B/C de 7.04 y TIR de 33.6%; en Fertilización el VAN fue de US\$113,283,706.36; la relación B/C de 8.530 y TIR de 35.67%; para Riegos el VAN fue de US\$ 35,957,592.24; la relación B/C de 7.73 y TIR de 27.25 y en Malezas y Madurantes el VAN fue de US\$ 15,375,116.94; la relación B/C de 6.15 y TIR de 45.55%.

Las gráficas del análisis financiero de las cinco áreas analizadas, en ingresos brutos, son similares a las curvas de adopción propuestas por Rogers y Shoemaker (1971).

El análisis de sensibilidad para la disminución del precio del azúcar en el Contrato No. 11 en los escenarios de disminución del precio en US\$ 50, 100 y 150 por t de azúcar, muestran indicadores financieros favorables en la amenaza que desde 1995 se identificó para el centro al elaborar el Plan Estratégico 1995 – 2000. Los indicadores para la disminución del precio de la t de azúcar en US\$ 150 presentan valores del VAN entre los US\$ 9.5 a 105 millones, disminuyen entre 56.46 a 45.18 por ciento, el área más sensible a la disminución del precio del azúcar en VAN es la de Malezas y madurantes. Para la relación B/C los valores son entre 2.2 a 4.69, disminuyen entre el 47.48 a 38.64 por ciento, el área más sensible a la disminución del precio del azúcar en la relación B/C es la de Fertilización. En la tasa interna de retorno TIR los valores son entre 15.09 a 25.1, disminuyen entre el 49.51 a 14.2 por ciento, el área más sensible a la disminución del precio del azúcar en la TIR es la de Malezas y madurantes.

El análisis de sensibilidad para el aumento del costo del área en porcentaje en los escenarios de incremento del costo en un 25, 50, 75 y 100 por ciento de cada área, también presenta indicadores financieros favorables. Los indicadores para el aumento del costo por área hasta del 100 por ciento presentan valores del VAN entre US\$ 12.5 y 101 millones, disminuyen entre 38.57 a 13.18 por ciento, el área más sensible en VAN al aumento del costo del área es Variedades. Para la relación B/C los valores son entre 1.8 a 4.26, disminuyen entre el 50.06 a 48.46 por ciento, el área más sensible a la disminución del aumento del costo en la relación B/C es la de Riegos. En la tasa interna de retorno TIR los valores son entre 13.8 a 26.9, disminuyen entre el 46.43 a 20.51 por ciento, el área más sensible al aumento del costo del área en la TIR es la de Malezas y madurantes.

7 BIBLIOGRAFIA

Alston, J.; Norton, G.; Pardey, P. (1995). Science Under Scarcity. Principles and Practice for Agricultural Research Evaluation and Priority Setting. ISNAR-Cornell University Press

Alston. J.; Chan, C.; Marra, M.; Pardey, P.; Wyatt, T. (2000). A Meta-Analysis of Rates of Return to Agricultural R&D. Ex Pede Herculem?. Washington, International Food Policy Research Institute

ASAZGUA. (2017). Azúcar de Guatemala. <https://www.azucar.com.gt/> Consultado el 13 de junio 2018

ASAZGUA. (2018). Precios del azúcar en el Contrato No. 11. Guatemala (Documento de trabajo).

Banco de Guatemala. (2017). Declaraciones y formularios únicos centroamericanos de exportación. En: Guatemala en Cifras. Guatemala: Banco de Guatemala, Departamento de Estadísticas Macroeconómicas.

Banco Mundial. (2003). Guía de análisis costo-beneficio de los proyectos de inversión. Fondos Estructurales-FEDER, Fondo de Cohesión e ISPA

Barbosa, M.; Dias, F.; Cruz, E. (1988). Da beneficios sociais e económicos de pasquisa da EMBRAPA: Uma reavaliacao. En: L. Yeganiantz, (Ed). Pesquisa Agropecuaria: Questionamentos, consolidacao e perspectivas (pp. 339-352). Brasilia, EMBRAPA.

Bedoya, S.; Pérez, C. (2018). Estudio prefactibilidad para cultivo de cacao en finca La Guacamaya, en Dabeida, Antioquía. Medellín, Universidad ESUMER

Bullio, M. T.; De Moura Campos, R. (1991). Evaluación económica del Programa de Mejoramiento de COPERSUCAR. Brasil. COPERSUCAR

Burnquist, W. (2013). Sugarcane research and development aview from the private sector. In. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technology. Vol 28. Brasil: 7p

Carbonell, J.; Quintero, R.; Torres, J.; Osorio, C.; Isaacs, C.; Victoria, J. (2011). Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (cuarta aproximación). Principios metodológicos y aplicación. Cali, CENICAÑA (Serie Técnica No. 38)

Catalán, E. (2018). *Publicaciones de CENGICAÑA, un aporte a la investigación científica*. En: A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Memoria de Presentación de Resultados de Investigación zafra 2017-2018 (pp. 554-565). Guatemala, CENGICAÑA

CENGICAÑA. (2001). Plan Estratégico 2000-2005. Guatemala. (Documento de trabajo)

CENGICAÑA. (2003a). Plan Estratégico 2000-2005. Guatemala. (Documento de trabajo)

CENGICAÑA. (2003b). Estudio preliminar del Plan preventivo de roedores. Boletín CAÑAMIP No. 5. Guatemala.

CENGICAÑA. (2005). Plan Estratégico 2005-2010. Guatemala. (Documento de trabajo)

CENGICAÑA. (2006). Plan Estratégico 2005-2010. Guatemala. (Documento de trabajo)

CENGICAÑA. (2007). Plan Estratégico 2005-2015. Guatemala. (Documento de trabajo)

CENGICAÑA. (2009). Plan Estratégico 2009-2015. Guatemala. (Documento de trabajo)

CENGICAÑA. (2012). Plan Estratégico 2012-2020. Guatemala. (Documento de trabajo)

CENGICAÑA. (2015b). Ejecución Presupuestaria Consolidada 2014. Guatemala. (Documento de trabajo)

CENGICAÑA. (2015a). Plan Estratégico 2015-2025. Guatemala. (Documento de trabajo)

CENGICAÑA. (2015c). Informe Anual 2014-2015. Guatemala. En: Disco compacto.

CENGICAÑA. (2017a). Plan Operativo 2017. Guatemala.

CENGICAÑA. (2017b, semana del 8 al 14 de mayo). Cuadro No. 27.1 Comparativo de productividad de área administrada general, de los diferentes ingenios de Guatemala, Campo. Datos acumulados al 14 de mayo de 2017, zafra 2016/2017. Guatemala

CENICAÑA. (1993). Informe Anual 1992. Calí, Colombia.

CIMMYT. (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un Manual metodológico de evaluación económica. México, CIMMYT.

Curz, E.; Palma, V.; Dias, F. (1982). Taxas de retorno dos investimentos da EMBRAPA: Investimentos totais e capital físico. Brasília, EMBRAPA.

Cruz, E.; Avila, D. (1992). Impactos económicos de la cooperación tecnológica entre los países Andinos. Investigación Agroeconómica. 7 (2) 283-289.

Cuenya, M.; Castanagro, A.; Mariott, J. (1996). Biotecnología en caña de azúcar. Estación experimental Agroindustrial Obispo Colindres, (EEAOC). Tucumán, Argentina. Avance Agroindustrial 16 (24) 27-30.

Cuavas, C. (2010). Contabilidad de costos: Enfoque gerencial y de gestión. Colombia, Pearson Educación.

Dias, F.; Sain, G. (2007). Evaluación de los impactos potenciales de los proyectos financiados por FONTAGRO. Segunda y Tercera convocatorias. San José, IICA-FONTAGRO

Dias, F.; Sain, G.; Salles-Filho, S. (2007). Evaluación multidimensional de los impactos de la investigación agropecuaria: Una propuesta metodológica. IICA

Edmé, S.; Miller, J.; Glaz, B.; Tai, P.; Comstock, J. (2005) Genetic Contribution to Yield Gains in the Florida Sugarcane Industry across 33 Years. In Crop Science Society of America. 45:92-95

FAO. (2007). Formulación y Análisis detallado de Proyectos. Roma.

FAOSTAT. (2018). Consultado el 15 de noviembre de 2018 en <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Flores, S. (1976). Manual de Caña de azúcar. Guatemala, INTECAP.

Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria. (1996). Identificación de prioridades. Hacia una propuesta metodológica que compatibilice intereses de investigación a nivel regional y subregional. BID.

García, R.; Paz, C.; Luccioni, E. (2013). Evaluación de dos líneas de investigación de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo

Colombes (EEAOC): Maduración química de la caña de azúcar y Variedad de soja Munasga RR. Tucuman, Arg. 90 (1) 12-15

Goes, T.; Marra, R.; Araujo, M.; Alves, E.; Oliveira, M. (2011). Sugarcane in Brazil, Current Technologic stage and perspectives. Revista de Política Agrícola. 20(1). Brazil. 52 – 65.

Hernández, S. (2018). Prorratio de los gastos indirectos de producción. Consultado el 16 de agosto de 2018 en <https://notasadministrativas.es.tl/Prorratio-de-los-gastos-indirectos-de-produccion.htm> consultado.

Hildebrand, P.; Poey, F. (1989). Ensayos Agronómicos en Fincas, Según el Enfoque de Sistemas Agropecuarios. Estados Unidos, Editorial Agropecuaria Latinoamericana, Inc.

Horgren, C.; Srikant, D.; Foster, G. (2007). Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial. México, Pearson-Educación.

Ibarra, C.; Mancilla, O.; Guevarra, R.; Hernández, O.; Palomera, C.; Can, A.; Huerta, J.; Ortega, H.; Olguín, J.; Paz, J. (2018). Rentabilidad de la caña de azúcar con manejo orgánico y convencional. Chile, IDESIA.

IICA. (2013). Evaluación económica del Programa Moscamed en Guatemala y sus impactos en ese país, México, Estados Unidos y Belice. México, IICH.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2014). La Innovación en la Agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible. San José, IICA.

Index Mundi. Consultado el 23 de agosto de 2017 en <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=urea&meses=240>

James, G. (Ed.). (2004). *Sugarcane*. Oxford: Blackwell Science Ltd.

Jewell, C.; Wonsch-Vincent, S. (2017). Índice mundial de innovación 2017: La innovación alimento del mundo. En <https://www.wipo.int/wipo-magazineles/2017/03/article-0004>. Html, OMPI. Consultado el 20 de junio de 2019.

Juárez, J.; Miller, J.; Orozco, H.; Solares, E.; Tai, P.; Comstock, J.; Glaz, B.; De León, J.; Ovalle, W.; Edme, S.; Glynn, N.; Deren, C. (2008). Registration of CP88-1165 sugarcane. *Journal of Plant Registration*. Vol. 2, No. 2, May 2008. Pp 102-109

Kisley, Y.; Hoffman, M. (1978). Research and productivity in wheat in Israel. *Development studies* 4:166-181.

Levin, R. (1988). *Estadística para administradores*. México, Prentice Hall.

Macleod, R. (1994). *Cost-Benefit decision suport: User´s Manual set for windows 1.0*. Australia.

McDermont, J.K. (1989). *Research and Management Handbook*. IFAS, University of Florida.

Márquez, M.; Ortiz, A.; Asencio, J.; Torres, E.; Aguirre, S. (2010). Evaluación de la eficiencia de planes de manejo integrado de Chiche salivosa: Efecto de la época de aplicación de Thiamethoxan en el control de la población de ninfas y adultos de Chinche salivosa (*Aeneolamia postica*) Finca La Libertad, Ingenio Palo Gordo y Finca Velásquez, Ingenio Magdalena. En: A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), *Memoria Presentación de Resultados de Investigación*, Zafra 2009/2010 (pp. 174-186). Guatemala, CENGICANA.

Márquez, M. (2017). Manejo integrado de Plagas. En Memoria de simposio de análisis de la zafra 2016/2017, área de campo. Guatemala, CENGICAÑA.

Melgar, M. (2011a). Estrategias de la investigación tecnológica en la Agroindustria Azucarera de Guatemala. En: Seminario-taller Situación actual y perspectivas de la investigación agropecuaria, forestal e hidrobiológica en Guatemala. 02 de junio 2011.

Melgar, M. (2011b). Desarrollo Tecnológico de la Agroindustria Azucarera y su Impacto en la Costa Sur de Guatemala. En: Foro La Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Rural Integral. XI Congreso de Ingenieros Agrónomos, Forestales y Ambientales de Guatemala. 15 de junio 2011.

Melgar, M. (2012). Desarrollo Tecnológico de la Agroindustria Azucarera y Perspectivas. En M. Melgar, A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, y R. Espinosa (Eds.), El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala (pp. 1-32). Guatemala, CENGICAÑA.

Melgar, M. (2017). Visitantes azúcar 2017. Guatemala, CENGICAÑA.

Méndez, J. (1996). Criterios generales para definir y priorizar proyectos de investigación. Guatemala, CENGICAÑA.

Meneses, A. (1997). Estudio de redes de información y conocimiento en el área de campo. En A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Informe Anual 1996-1997 (pp. 40-41). Guatemala: CENGICAÑA.

Meneses, A. (1998a). Desarrollo de la Agroindustria Azucarera Guatemalteca. En A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Boletín Técnico Informativo (pp. 1-6). Guatemala: CENGICAÑA. 6(1).

Meneses, A. (1998). Estudio de redes de información y conocimiento en el área de campo. En A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Informe Anual 1997-1998 (pp. 43-44). Guatemala: CENGICAÑA.

Meneses, A. (1999). Estudio de redes de información y conocimiento en el área de campo. En A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Informe Anual 1998-1999 (pp. 49-50). Guatemala: CENGICAÑA.

Meneses, A. (2009). Comparación de la productividad de variedades en el primer tercio (noviembre y diciembre) de las zafras 2007/08 y 2008/09. Guatemala, CENGICAÑA.

Meneses, A. (2011). Estrategias de Transferencia de Tecnología en la Agroindustria Azucarera de Guatemala. En Taller Experiencias de Investigación y Transferencia de Tecnología en Caña de Azúcar y la Agricultura de Precisión y la Agricultura Específica por Sitio. Oaxaca, México: Unión Nacional de Cañeros, A. C. CNPR

Meneses, A. (2013). Proceso de Innovación Tecnológico, Caso del Azúcar. Presentada en Integración de Grupo Técnico Científico para la Ejecución del Programa Especial de Investigación Agrícola. Guatemala: CONCYT.

Meneses, A. (2015). El Rol Protagonico de la Investigación Agropecuaria en Guatemala. Caso CENGICAÑA (Iniciativa Privada). En XII Congreso de Ingenieros Agrónomos, Ambientales, Forestales y Administradores de Tierra. Guatemala: Colegio de Ingenieros Agrónomos.

Meneses, A. Galiego, M. (2016). Comparación de Productividad de las Industrias Azucareras de Latinoamérica. En: X Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe. Veracruz México, ATAM-ATALAC

Meneses, A. (2017). Productividad. En Memoria de simposio de análisis de la zafra 2016/2017, área de campo. Guatemala, CENGICAÑA.

Meneses, A.; Galiego, M. (2017). Sistema de Análisis de productividad, una herramienta para la toma de decisiones. En: A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Memoria Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2016/2017 (pp 500-519). Guatemala, CENGICAÑA.

Meneses, A.; Melgar, M. (2017). Boletín Estadístico 18 (1). CENGICAÑA, Guatemala.

Meneses, A. (2018). Resultados de Capacitación 2018 y su comparación en el tiempo. En: Reunión mensual del Comité de Capacitación. Guatemala, CENGICAÑA.

Molina, L. (2016). Desarrollo y aplicación de técnicas biotecnológicas para la caracterización, selección y mejoramiento genético de la caña de azúcar en Guatemala. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.

OCDE/FAO (2017), “Azúcar”, en OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2017-2026, OECD Publishing, París. Consultado el 25 de abril de 2019 en http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-9-es

Orozco, H.; Ovalle, W.; Quemé, J. (2001). Esquema de selección del Programa de Variedades de CENGICAÑA. En: A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Memoria Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2000/2001 (pp 29-34). Guatemala, CENGICAÑA.

Orozco, H.; Ovalle, W.; Castro, O.; Quemé, J.; López, A.; Acán, J.; Azañon, V.; Gómez, V. (2011). Tercera prueba Semicomercial de Variedades Promisorias de Caña de Azúcar en Plantía, primera y segunda soca. En: A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez,

(Eds.), Memoria Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2010/2011 (pp 14-26). Guatemala, CENGICAÑA.

Orozco H.; Ovalle. W.; Castro. O.; Quemé, J.; Azañón, V.; Gómez, J. (2012). Cuarta Prueba Semicomercial de Variedades Promisorias de Caña de Azúcar en Plantía, Primera Y Segunda Soca. En: A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Memoria Presentación Resultados de Investigación, Zafra 2011/2012 (pp. 25-36). Guatemala, CENGICAÑA.

Orozco, H.; Castro, O.; Ovalle, W.; Gómez, J.; Azañón, V.; Paz, V. (2013). Quinta Prueba Semicomercial de variedades de caña de azúcar florecedoras en tres cortes. En: A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Memoria Presentación Resultados de Investigación, Zafra 2012/2013 (pp. 48-61). Guatemala, CENGICAÑA.

Orozco, H.; Castro, G. O.; Ovalle, W.; Gomez. J.V.; Azañón, C.; Paz, V.; Ampudia, L. (2014). Selección de variedades de la quinta prueba semicomercial para la Agroindustria Azucarera de Guatemala. En: A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Memoria Presentación Resultados de Investigación, Zafra 2013/2014 (pp. 66-83). Guatemala, CENGICAÑA.

Orozco, H.; Castro, O. L.; Ovalle, W.; Quemé, J.; Merino, A.; Paz, V.; Gómez, J.; Azañón, V. (2015). Selección de variedades para uso comercial de la sexta prueba semicomercial en la Agroindustria Azucarera Guatemalteca. En: A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Memoria Presentación Resultados de Investigación, Zafra 2014/2015 (pp. 43-63). Guatemala, CENGICAÑA.

Ovalle, W.; Catalán, M. (2013). El agente causal de la caña seca de la caña de azúcar en Guatemala. En: A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), Memoria Presentación Resultados de Investigación, Zafra 2012/2013 (pp. 130-135). Guatemala, CENGICAÑA.

Pardey, P.; Alston, J.; Chan, C.; Magalhaes, E.; Vosti, S. (2004). International and Institutional R&D Spillovers: Attribution of Benefits Among Sources of Brazil's New Crop Varieties. Staff paper P04-3. University of Minnesota. 40 p

Perez, M.; Terrón, M. (2004). La teoría de la difusión de la innovación y su aplicación al estudio de la adopción de recursos electrónicos por los investigadores de la Universidad de Extremadura. En Rev. Esp. Doc. Client. 27.3. (pp 308-329)

Pérez, O. (2012). Nutrición y Fertilización. En M. Melgar, A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, y R. Espinosa (Eds.), Libro el Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala (pp. 149-176). Guatemala, CENGICANA

Pinnaza, A.; Gemente, A.; Matzouka, S. (1984). Boletín Técnico Planalsucar. Brasil, PLANALSUCAR. 7 (30) 22-32

Pontificia Universidad Católica de Chile. (2009). Mercado del azúcar y precios de referencia para la aplicación de banda de precios. Informe final. Chile.

Rein, P. (2012). Ingeniería de la Caña de Azúcar. Berlin, Albert Bartens

Reyes, M. (1997). La rentabilidad social de la investigación agrícola gubernamental en granos básicos: El caso del maíz en Guatemala, 1973-1990. En: Agronomía Mesoamericana. 8(2) 12-20.

Rodríguez, E. (1992). Evaluación del Impacto Económico de las inversiones en PROMECAFE, 1978-1991. Brasilia, IICA-PROMECAFE

Rodríguez, E. (1997). Comentarios sobre Avallacao Económica dos programas de tecnologia do CTC. Centro de Tecnologia COPERSUCAR, Brasil.

Rogers, E.; Shoemaker, F. (1971). La comunicación de innovaciones. México, Herrero Hermanos Sucesores, S. A.

Romano, L. (1988). Evaluación económica de la investigación agropecuaria. Teoría y práctica. ICA. Boletín Técnico 176. Bogota, Colombia.

Rojas, M. (1993). La rentabilidad de las investigaciones agrícolas, el ejemplo de las variedades de caña. En: Simposio Nacional (Xalapa, Veracruz, México, 5,6 y 7 de agosto de 1993). La capacitación y desarrollo tecnológico en el campo cañero mexicano. 525-538.

Simmonds, N. (1987). Principles of crop improvement. Longman Scientific & Technical. John Wiley & Son, Inc. New York. Pp 337-381

Tosi, F. A., Gaya, S. M., Barbosa, C. Luis. (2010). The Brazilian sugarcane innovation system. Energy Policy. Vol. 39. pp. 156-166.

Tosterud, R.; Gilson, J.; Hannah, A.; Stefansson, B. (1973). Benefit cost evaluation of research relating to the development of Salkirk wheat and target rapeseed. In: Symposium on Agricultural Research, Proceedings, I. University of Manitoba. V 1, 149-199.

USDA-FAS (2015). Sugar: World Markets and Trade. Consultado el 19 de abril de 2019 en <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/z029p472x/r781wk715/nc580r03d/Sugar.pdf>

Valenzuela, R. (1999). Rentabilidad de la investigación agrícola en la producción de caña de azúcar bajo las condiciones de Cultivo en

Guatemala (Caso CENGICAÑA, período 1992-2007). Tesis de maestría, FCE, USAC, Guatemala.

Van den Ban, A. (1964). A revisión of the two-step Flow of communications Hypothesis. *Gazette*, 10:237-250.

Villatoro, B.; Pérez, O.; Suárez, A.; Castro, O.; Rodríguez, M.; Ufer, C. (2010). Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañera de la costo sur de Guatemala. Primera aproximación. En: A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, y O. Pérez, (Eds.), *Memoria Presentación Resultados de Investigación, Zafra 2009/2010* (pp. 325-331). Guatemala, CENGICAÑA.

Vivas, L.; Zuliaga, J.; Castro, H. (1992). Las nuevas variedades de caña de azúcar y su impacto económico en el sector azucarero del valle geográfico del río Cauca. Universidad del Valle, División de Ciencias Sociales y Económicas. Cali, Colombia.

Wagner, R. (2007). *Historia del Azúcar en Guatemala*. Guatemala, ASA

ANEXOS

Anexo 1 Proceso de Desarrollo y Transferencia De Tecnología En Variedades

	Estado III Incremento	Pruebas regionales	Evaluación Semicomercial	Semilleros	Promoción Comercial de Lotes
Personal involucrado en toma de decisiones de adopción	Especialistas. Gerentes agrícolas. Jefes de zona. Investigación.	Especialistas. Jefes de zona. Investigación. Gerentes agrícolas.	Especialistas. Jefes de zona. Investigación. Gerentes agrícolas. Junta Directiva.	Jefes de zona. Agronomía. Especialista. Investigación. Gerentes agrícolas.	Jefes de zona. Agronomía. Mayordomía. Especialista.
Acciones de transferencia del centro	Día de campo. Presentación de resultados Informe anual.	Gira de observación Presentación de resultados. Informe anual.	Día de campo. Gira de observación. Presentación de resultados. Informe anual. Bifoliar de variedades.	Día de campo en semilleros y áreas semicomerciales. Portal del Centro.	Bifoliales. Portal del Centro. Catálogo de variedades con características agromorfológicas.
Seguimiento	Boletas para selección de variedades para pruebas regionales ventajas y desventajas de las variedades	Boleta para selección de variedades para pruebas semicomerciales ventajas y desventajas	Ventajas y desventajas de variedades promisorias.	Estimar techo de adopción e impacto. Análisis de zafra, estimar área de semilleros con variedades promisorias.	Determinar adopción e impacto de uso de variedades. Actualizar censos varietales.
Acciones de transferencia del ingenio		Gira entre su personal a conocer, evaluar y seleccionar variedades. Presentación interna de resultados.	Presentación de resultados interna. Capacitación a técnicos sobre manejo de la variedad.	Evaluación de variedades promisorias en zonas de producción.	Presentación de resultados comerciales de variedades.

PROCESO DE DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN PLAGAS

	Generación	Adaptación Semicomercial	Adaptación Comercial	Promoción Comercial
Personal involucrado en toma de decisiones de adopción	Especialistas. Agronomía. Investigación. Asesores.	Especialistas. Jefes de zona. Investigación. Agronomía.	Jefes de zona. Especialistas. Agronomía.	Jefes de zona. Mayordomos. Especialistas.
Acciones de transferencia del centro	Gira de observación. Presentación de resultados al Comité. Informe anual. Taller para determinar las tecnologías promisorias.	Gira de observación entre ingenios. Taller de aplicación de la tecnología. Informe anual. Presentación de resultados.	Gira para observar aplicación y resultados de tecnología. Presentación de resultados. Informe anual. Bifoliales.	Portal Internet. Boletín CAÑAMIP sobre uso de la tecnología. Informe anual. Presentación de resultados de uso de la tecnología e impacto financiero.
Seguimiento	Boleta para identificar ventajas y desventajas de tecnología.	Boleta para identificar ventajas y desventajas de la tecnología.	Definir techo de adopción. Calcular resultados financieros por el uso de la tecnología.	Medir adopción de tecnología e impacto financiero. Determinar limitantes y ventajas de uso de la tecnología.
Acciones de transferencia del ingenio		Presentación interna de resultados. Gira interna.	Capacitación del personal para uso de la tecnología.	Promoción a cañeros. Capacitación del personal.

PROCESO DE DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN FERTILIZACIÓN

	Estudios exploratorios	Lotes o pantes	Lotes	Promoción comercial de lotes
Personal afecto de transferencia de tecnología y retroalimentación	Especialistas Gerentes Agrícolas Jefes de zona	Especialistas Jefes de zona Gerentes agrícolas	Jefes de zona Especialistas	Jefes de zona Mayordomo Especialista
Dominios de aprendizaje	Cognoscitivo Conocimiento- análisis	Afectivo (Interés) Cognoscitivo	Afectivo (Pruebas)	
Acción de transferencia del Centro	Gira de observación entre ingenios Presentación de resultados Informe Anual Boletín técnico	Gira entre ingenios Encuentro técnico Seguimiento	Gira entre ingenios Encuentro técnico Seguimiento Techo de adopción Bifoliales	Adopción Impacto
Acciones de transferencia del ingenio	Gira entre su personal Análisis de resultados de su empresa	Gira entre su personal Análisis de resultados de su empresa Encuentro técnicos Retroalimentación	Gira entre su personal Análisis de resultados de su empresa Encuentro técnico Retroalimentación	Promoción de tecnologías con proveedores

PROCESO DE DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN RIEGOS

	Investigación y/o experimentación	Validación semicomercial	Validación Comercial	Promoción comercial de lotes
Personal involucrado en toma de decisiones de adopción	Especialistas. Jefes de Zona y/o Administradores. Mayordomos. Gerentes agrícolas.	Especialistas. Jefes de zona y/o Administradores. Mayordomos. Gerentes agrícolas.	Jefes de zona y/o Administradores. Mayordomos. Especialistas. Gerentes agrícolas.	Jefes de zona y/o Administradores. Mayordomos. Gerentes agrícolas. Especialistas.
Acciones de transferencia del Centro	Presentación de resultados. Informe anual. Gira entre ingenios.	Gira entre ingenios. Presentación de resultados. Informe anual.	Gira a lotes comerciales. Estimar techo de adopción. Informe anual. Presentación de resultados.	Bifoliales de uso de la tecnología.
Seguimiento	Boletas para identificar tecnologías promisorias.	Boleta para identificar ventajas y desventajas de tecnologías en validación.	Boleta de uso potencial de tecnología, ventajas y desventajas de la tecnología.	Determinar adopción e impacto. Determinar rentabilidad.
Acciones de transferencia del ingenio		Gira dentro del ingenio. Presentación interna de resultados.	Gira dentro del ingenio. Capacitación a técnicos en el manejo de la tecnología.	Gira dentro del ingenio.

PROCESO DE DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN MALEZA Y MADURANTES

	Generación	Adaptación Semicomercial	Adaptación comercial	Promoción comercial de lotes
Personal afecto de transferencia de tecnología y retroalimentación	Gerentes agrícolas. Especialistas. Jefes de zona.	Especialistas. Gerentes agrícolas. Jefes de zona.	Especialistas. Gerentes agrícolas. Jefes de zona.	
Dominios de aprendizaje	Cognoscitivo.	Afectivo. Cognoscitivo.	Afectivo. Sicomotriz.	Afectivo. Cognoscitivo. Sicomotriz.
Acciones de transferencia del Centro	Gira entre ingenios Presentación de resultados. Informe anual. Boletín Técnico.	Gira entre Ingenios. Seguimiento. Retroalimentación.	Gira entre ingenios. Techo de adopción. Bifoliales.	Adopción. Impacto.
Acciones de transferencia del Ingenio	Análisis e interpretación de resultados. Gira entre su personal.	Análisis e interpretación de sus resultados. Gira entre su personal.		

Anexo 2. Requisitos establecidos por el cliente para variedades y las tecnologías en Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y madurantes

- Variedades: El desarrollo de nuevas variedades se realiza en un promedio de 12 años, (Orozco, Ovalle y Quemé, 2001) el esquema de la Figura muestra este desarrollo y el tiempo que se lleva para poder recomendar una nueva variedad para su uso en forma comercial. Una nueva variedad es recomendada para su uso en forma comercial:
 - a. Si supera en productividad de azúcar por hectárea a los testigos definidos por el cliente;
 - b. Si presenta niveles menores a la resistencia de las enfermedades Caña seca (*Cephalosporium sacchari* = *Fusarium sacchari*), Carbón (*Ustilago scitaminea* *Sporisorium scitamineum*), Escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*), Roya marrón (*Puccinia melanocephala*), Roya naranja (*Puccinia kuehnii*), Amarillamiento (SCYP) y Raya roja (*Pseudomonas rubrilineans*);
 - c. Sí presenta características adecuadas de manejo en cuanto a emergencia y rebrote, cierre natural, aspecto de planta, corcho, respuesta adecuada a la cosecha mecanizada;
 - d. Si presenta características de adaptabilidad específica y general para mantenerse superior en TAH a los testigos del cliente.

Si una nueva variedad llena estos requisitos puede ser recomendada para su uso comercial.



Fuente: Orozco, Ovalle y Quemé, 2001

Figura. Desarrollo de variedades CG CENGICAÑA Guatemala, para la agroindustria azucarera de Guatemala

- **Manejo Integrado de Plagas:** De acuerdo a los requisitos del cliente una nueva tecnología en Manejo Integrado de Plagas debe:
 - a. Dar información Bioeconómica de nuevas plagas, conocimiento de enemigos naturales y/o estrategias de control que reduzcan las pérdidas económicas, de acuerdo a las variables de información documentada en pruebas de laboratorio y
 - b. Ofrecer mayor rentabilidad económica que el tratamiento testigo definido en el ensayo.
- **Fertilización:** El cliente solicita:
 - a. Recomendaciones para el uso óptimo de fertilizantes, que tengan mayor rentabilidad económica que la práctica aplicada en el área.

• **Riegos:**

El cliente solicita:

- a. Recomendaciones para el uso óptimo del agua, que presenten mayor rentabilidad económica que la práctica aplicada en el área.

• **Malezas y Madurantes:** Para malezas el cliente solicita:

- a. Estrategias de manejo de malezas que reduzcan las pérdidas económicas causadas por las malezas, con el aumento del porcentaje de control y días de control respecto al testigo definido en el ensayo,
- b. Igual o mayor producción de toneladas de caña por hectárea y/o toneladas de azúcar por hectárea, y
- c. Que de mayor rentabilidad económica que la práctica aplicada en el área.

Para Madurantes: El cliente solicita Recomendaciones para el uso óptimo de madurantes e inhibidores de floración,

- a. Que incremente el azúcar por tonelada de caña de azúcar respecto al testigo absoluto y comercial,
- b. Mayor rentabilidad económica que la práctica aplicada en el área.

Como se definieron las Variedades y las tecnologías en Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes

Como primer paso en el 2014 se solicitó a cada profesional responsable de las áreas de Variedades, Manejo Integrado de Plagas MIP, Fertilización, Riegos y Malezas y madurantes que en base a las variedades y tecnologías desarrolladas indicarán sobre las variedades y tecnologías que puedan ser usadas en el análisis de rentabilidad de su respectiva área. En el Anexo 2, se recoge las variedades y tecnología en Manejo Integrado de Plagas MIP, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes, que los profesionales indicaron que pueden ser usadas en el análisis de rentabilidad, las cuales fueron entregadas por cada responsable de las cinco áreas, en función de:

- a. **Actividad:** Se refiere a ubicar la actividad dentro de los proyectos que se ejecutan en el área.
- b. **Categoría:** Indica el enfoque del desarrollo de la variedad o tecnología que puede ser Reducción de costos o Incremento de la producción.
- c. **Nombre:** Debe indicar el nombre de la actividad de experimentación que permita su trazabilidad, ejemplo orden de suelo, tercio de zafra, estrato altitudinal, número de corte, u otra característica que permita su identificación.
- d. **Objetivo:** Establecido en función de la categoría y nombre de la actividad.
- e. **Breve descripción:** Donde se ubica enfoque de la investigación que puede ser reducción de costos o incremento de la productividad; estrato o tipo de suelo donde la tecnología es apropiada, se refiere a que estrato (alto, medio, bajo o litoral) donde la tecnología se recomienda, y tipo de suelo ya sea de un orden en específico o a la textura del suelo en particular; ciclo de cultivo, ya sea en las renovaciones (plantía) o en los cortes del 2 al 6.
- f. **Estado de desarrollo:** En qué etapa del desarrollo de la tecnología se encuentra, que puede ser, experimental, extrapolación (validación de la tecnología en áreas comerciales) o aplicada, en el caso que la tecnología ya esté siendo utilizada comercialmente por los ingenios.
- g. **Aplicación indicar lugar:** condiciones donde se aplica comercialmente.

- **Estrato:**

Alto > de 300 metros sobre el nivel del mar msnm.

Medio de 100 a 300 msnm,

Bajo de 40 a 100 msnm y

Litoral de 0 a 40 msnm

- **Tercio de zafra o cosecha**

Primer tercio de noviembre a diciembre,

Segundo de enero a febrero y

Tercer tercio de marzo a mayo

- **Zona agroecológica de las 52 zonas agroecológicas;**
- **Zona de producción que incluye la división longitudinal**
Este,
Centro este,
Centro,
Centro oeste y
Oeste, además del altitudinal dado por los cuatro estratos
- **Condición, se refiere a los cortes**
Primer corte (plantía),
Segundo corte, (primera soca)
Tercer corte (segunda soca),
Cuarto corte (tercer soca)
Quinto corte (cuarta soca) y
Sexto corte o más (quinta soca o más).
- h. **Aplicación, indicar área adoptada por año:** Para lo cual se usó un anexo y esto constituye el documento base para determinar la adopción por variedad o tecnología en el tiempo.
- i. **Ventajas de la tecnología en relación a toneladas de caña por hectárea TCH:** se indica las TCH que se obtienen de más en relación al testigo por el uso de la tecnología por hectárea, en la fase experimental.
- j. **Ventajas de la tecnología en relación a toneladas de azúcar por hectárea TAH:** se refiere a las TAH que se obtienen de ganancia en relación al testigo por el uso de la tecnología, en la fase experimental.
- k. **Ventajas de la tecnología en relación a indicadores financieros:** en rentabilidad de la tecnología, relación beneficio-coste, incremento en quetzales por hectárea por el uso de la tecnología, a nivel experimental. El análisis financiero se realizó con el método de análisis de presupuesto parcial (CIMMYT, 1988)

La información entregada por las cinco áreas, se presenta en el Anexo 2, y se resume así:

- Variedades entregó la información de 11 variedades CG CENGICAÑA- Guatemala y de variedades introducidas, con la información por año de las áreas adoptadas en hectáreas de cada variedad.
- Manejo Integrado de Plagas, entregó la información de cinco tecnologías desarrolladas, con la información de adopción o uso de la tecnología en hectárea por año.
- Fertilización entregó la información de siete tecnologías desarrolladas, con su respectiva información de adopción o uso de la tecnología en hectárea por año.
- Riegos entregó la información de siete tecnologías desarrolladas.
- Malezas y madurantes entregó la información de cinco tecnologías desarrolladas.
- Uso de premadurantes

Inventario de Tecnologías de CENGICAÑA
Responsable: Ing. Héctor Orozco
Área: Manejo Variedades
Fecha: 18 de diciembre de 2014

CODIGO			Actividad	Categoría	Nombre	Objetivo	Breve Descripción	Estado de Desarrollo	Aplicación		Ventajas (ha)		
Área de Trabajo	Año (2)	# Correlativo							Lugar (es)	Adopción	TAH	TCH	Q/ha
03		1	Uso de Variedad CG	Incremento de Producción	CG96-01	Incremento de TAH	Variedad temprana		Medio, bajo y litoral	Anexo I	0.5	-2	Q951
03		2	Uso de Variedad CG	Incremento de Producción	CG96-59	Incremento de TAH	Variedad tardía		Alto, medio, bajo y litoral	Anexo I	1.4	7	Q2,644
03		3	Uso de Variedad CG	Incremento de Producción	CG96-78	Incremento de TAH	Variedad tardía		Medio, bajo y litoral	Anexo I	1.5	8	Q2,633
03		4	Uso de Variedad CG	Incremento de Producción	CG96-135	Incremento de TAH	Variedad tardía		Medio, bajo y litoral	Anexo I	2.1	19	Q3,574
03		5	Uso de Variedad CG	Incremento de Producción	CG97-97	Incremento de TAH	Variedad tardía		Bajo y Litoral	Anexo I	1.1	6	Q1,785
03	2012	6	Uso de Variedad CG	Incremento de Producción	CG98-10	Incremento de TAH	Variedad tardía	Comercial	Medio, bajo y litoral	Anexo I	1.0	9	Q1,507
03	2012	7	Uso de Variedad CG	Incremento de Producción	CG98-46	Incremento de TAH	Variedad temprana	Promisoria	Medio, bajo y litoral	Anexo I	0.8	1	Q1,460
03		8	Uso de Variedad CG	Incremento de Producción	CG98-62	Incremento de TAH	Variedad tardía		Alto y medio	Anexo I	2.6	19	Q4,100
03	2013	9	Uso de Variedad CG	Incremento de Producción	CG98-78	Incremento de TAH	Variedad intermedia-tardía	Comercial	Medio, bajo y litoral	Anexo I	3.4	25	Q5,387
03	2013	10	Uso de Variedad CG	Incremento de Producción	CG00-033	Incremento de TAH	Variedad tardía	Promisoria	Bajo y Litoral	Anexo I	0.2	-1	Q520
03	2013	11	Uso de Variedad CG	Incremento de Producción	CG00-102	Incremento de TAH	Variedad temprana	Promisoria	Bajo y Litoral	Anexo I	0.8	1	Q1,388
								Experimental Extrapolación Aplicado	Estrato Tercio Zona Agroecológica Zona de Producción	*Usar Anexo	¹ sobre testigo comercial a nivel experimental		

Inventario de Tecnologías de CENGICAÑA
 Área: Manejo Integrado de Plagas

Responsable: José Manuel Márquez
Fecha: 18 de diciembre de 2014.

COGIGO			Actividad	Categoría	Nombre	Objetivo	Breve Descripción	Estado de Desarrollo	Aplicación		Ventajas (ha)			Reducción total en costos o pérdida (\$)
Área de Trabajo	Año (2)	# Correlativo							Lugar (es)	Adopción	TCH	TAH	Q/ha	
7	2002	1	Control de rata cañera	Cebo anticoagulante	Cebo CANAMIP-CENGICANA	Reducir el costo del control con cebos y desplazar anticoagulantes de segunda generación	18 Kg Maíz amarillo; 1 kg de pescado seco picado, o bien concentrado de perro; 1 Kg de Racumin. Homogenizar la mezcla y embolsar en unidades de 10 gramos	Aplicado	Palo Gordo; San Diego; Madre Tierra; Santa Ana; La Unión;	1129504. 43 Cebos producidos y aplicados				5,105,360
7	2009	2	Control de Chinche salivosa	Control químico de áreas críticas	Uso adecuado de Thiamethoxam para el control de ninfas y adultos de Chinche salivosa	Reducir pérdidas en TAH	Aplicación única a los 4 meses, dirigida a la base y cubriendo ambos lados del sucro. Dosis de 0.6Kg/ha, con volumen de mezcla de 400 litros/ha. Adherente: 1cc/litro de mezcla	Aplicado	La unión; Pantaleón; Magdalena; Palo Gordo; San Diego; Santa Ana; Tululá.	47,573 ha		2	4,680	28,543,800
7	2010	3	Control de Escama acanalada (Orthetza spp)	Control en focos de infestación	Pérdidas por Escama acanalada y su control con Thiamethoxam	Reducir pérdidas en TCH	Aplicación de Thiamethoxam en dosis de 0.6 Kg/ha, con volumen de mezcla de 400 litros/ha. Adherente: 1cc/litro de mezcla	Aplicado a áreas con especial énfasis en variedad CP72-1312	Pantaleón	92 ha	14.9-36.7 de pérdida, respect o a no controlar	1.5-3.6	3,510	322,920
7	2012	4	No control de Chinche de encaje	Reducción de costos de control	Evaluación del efecto de la chinche de encaje entre mayo-julio	No incurrir en costos de control cuando la plaga ocurre entre mayo-julio. El costo de control con Thiamethoxam es de aprox \$ 90/ha	Se demostró que no hay evidencia de reducción en TCH por estas infestaciones. Entonces no hay razón para incurrir en costos. El producto de control utilizado (cuando ha sido necesario) es Thiamethoxam o bien Met-Beauveria (menor eficiencia)	Aplicado en áreas con infestaciones altas, especialmente en la variedad CP88-1165	Zona media y baja	56,177 (ha)			702	39,436,254
7	2013	5	Pérdidas y control por Saltón coludo	Reducción de pérdidas	Control con Imidacloprid	Reducir una pérdida promedio de 1.9 TAH cuando la infestación ocurre entre 1-3 meses de edad	Aplicar control antes de que la infestación supere el 40 % de brotes con colonias de la plaga	Implementado	Zona oeste	5,803 ha	17-33.4	11.9-4.44	6	25,800,138

COGIGO			Actividad	Categoría	Nombre	Objetivo	Breve Descripción	Estado de Desarrollo	Aplicación		Ventajas (ha)			Reducción total en costos o pérdida (\$)
Área de Trabajo	Año (2)	# Correlativo							Lugar (es)	Adopción	TCH	TAH	Q/ha	
								Experimental Extrapolación Aplicado	Estrato Tercio Zona Agroecológica Zona de Producción Condición	Usar Anexo	sobre testigo comercial a nivel experimental			

Inventario de Tecnologías de CENGICAÑA

Área: Fertilización

Responsable: Ing. Ovidio Pérez

Fecha: 19 de diciembre de 2014

COGIGO			Actividad	Categoría	Nombre	Objetivo	Breve Descripción	Estado de Desarrollo	APLICACIÓN		VENTAJAS (ha) ¹		
Área de Trabajo	Año (2)	# Correlativo							Lugar (es)	Adopción	TCH	TAH	Q/ha
8		1	Uso y Manejo de N	Reducción de costos	Reducción de dosis de N en plantías	Optimizar el uso de N en las plantías	Reducción de las dosis de N aplicadas en 20 a 40 kg/ha según el suelo (1-2 qq de urea) sin comprometer la producción de caña y azúcar	Aplicado	En todas las zonas	Anexo 1A	na	na	variable por año
8		2	Uso y Manejo de N	Incremento de Producción	Aumento de la dosis de N en socas en zonas con alta respuesta	Optimizar el uso de N en las socas	Aumento de la dosis de N en 20 a 40 kg en Socas según potencial productivo en zonas de alta respuesta a N	Aplicado	Zona litoral	Anexo1 B		0.5 tah mas	variable por año
8		3	Uso y Manejo de P	Incremento de Producción	Aplicación de P en plantías en Andisoles que antes no se aplicaban o se dejaron de aplicar	Incrementar la producción de caña y azúcar con la aplicación de P en suelos con alta respuesta a P en ingenios que no lo aplicaban	Aplicación de P en suelos Andisoles o suelos con bajo P en suelo (<10 ppm) en áreas de ingenios que no se aplicaban antes o que dejaron de aplicar	Aplicado	El Baúl y Cañaverales del Sur. 2500 ha desde 1997.			1 tah mas	variable por año

COGIGO			Actividad	Categoría	Nombre	Objetivo	Breve Descripción	Estado de Desarrollo	APLICACIÓN		VENTAJAS (ha) ¹		
Área de Trabajo	Año (2)	# Correlativo							Lugar (es)	Adopción	TCH	TAH	Q/ha
8		4	Uso y Manejo de P	Reducción de costos	Reducción o eliminación de P en la planta en suelos con Alto P	Reducir costos con la reducción o eliminación de P en las plantas en suelos con bajas respuestas (suelos con alto P en el suelo)	En suelos con más de 30 ppm de P no aplicar o reducir la dosis de P en plantas debido a que las respuestas son bajas. Monitorear la disponibilidad en el tiempo	Aplicado	Suelos con P > 30 ppm, zona litoral principalmente	Anexo 1	na	na	variable por año
8		5	Uso y Manejo de P	Incremento en producción	Aplicación de P en socas	Incrementar la producción en Socas de caña de azúcar con la aplicación de P en suelos con alta respuesta (P < 10 ppm)	Aplicación de P en caña soca en suelos deficientes en P con aplicaciones junto con la fertilización nitrogenada	Aplicado	Suelos con P < de 10 ppm en el suelo				
8		6	Uso y Manejo de K	Incremento de Producción	Aplicación de K en suelos con bajo K en el suelo	Incrementar la producción de caña y azúcar con la aplicación de K en áreas con alta respuesta a este nutriente	Aplicación de K en caña plantía y soca en suelos deficientes en este nutriente según la textura del suelo	Aplicado	Suelos con K < 150 ppm para suelos de textura media y K < 300 ppm en suelos con textura arcillosa		9 tch mas		Variable por año
8		7	Uso y manejo de los fertilizantes	Reducción de costos	Aplicación de fertilizante al fondo del surco en siembras de humedad residual (primer tercio de zafra)	Aplicar el fertilizante en la época más oportuna en siembras con humedad y que no cuentan con riego	Aplicar el fosforo y potasio al momento de la siembra junto con la aplicación fosforada	Aplicado	Finca Los Tarros	235 ha, ingenio Los Tarros	na	na	Q79.00/ ha

COGIGO			Actividad	Categoría	Nombre	Objetivo	Breve Descripción	Estado de Desarrollo	APLICACIÓN		VENTAJAS (ha) ¹		
Área de Trabajo	Año (2)	# Correlativo							Lugar (es)	Adopción	TCH	TAH	Q/ha
								Experimental Extrapolación Aplicado	Estrato Tercio Zona Agroecológica Zona de producción Condición	*usar anexo	¹ sobre testigo comercial a nivel experimental		

Inventario de Tecnologías de CENGICAÑA

Área: Malezas y Madurantes

Responsable: Joel Morales

Fecha: 19 de diciembre de 2014

COGIGO			Actividad	Categoría	Nombre	Objetivo	Breve Descripción	Estado de Desarrollo	APLICACIÓN		VENTAJAS (ha) ¹		
Área de Trabajo	Año (2)	# Correlativo							Lugar (es)	Adopción	TCH	TAH	Q/ha
8		1	Uso y Manejo de N	Reducción de costos	Reducción de dosis de N en plantías	Optimizar el uso de N en las plantías	Reducción de las dosis de N aplicadas en 20 a 40 kg/ha según el suelo (1-2 qq de urea) sin comprometer la producción de caña y azúcar	Aplicado	En todas las zonas	Anexo 1A	na	na	variable por año
8		2	Uso y Manejo de N	Incremento de Producción	Aumento de la dosis de N en socas en zonas con alta respuesta	Optimizar el uso de N en las socas	Aumento de la dosis de N en 20 a 40 kg en Socas según potencial productivo en zonas de alta respuesta a N	Aplicado	Zona litoral	Anexo1 B		0.5 tahmas	variable por año
8		3	Uso y Manejo de P	Incremento de Producción	Aplicación de P en plantías en Andisoles que antes no se aplicaban o se dejaron de aplicar	Incrementar la producción de caña y azúcar con la aplicación de P en suelos con alta respuesta a P en ingenios que no lo aplicaban	Aplicación de P en suelos Andisoles o suelos con bajo P en suelo (<10 ppm) en áreas de ingenios que no se aplicaban antes o que dejaron de aplicar	Aplicado	El Baúl y Cañaverales del Sur. 2500 ha desde 1997.			1 tahmas	variable por año

COGIGO			Actividad	Categoría	Nombre	Objetivo	Breve Descripción	Estado de Desarrollo	APLICACIÓN		VENTAJAS (ha) ¹			
Área de Trabajo	Año (Z)	# Correlativo							Lugar (es)	Adopción	TCH	TAH	Q/ha	
8		4	Uso y Manejo de P	Reducción de costos	Reducción o eliminación de P en la planta en suelos con Alto P	Reducir costos con la reducción o eliminación de P en las plantas en suelos con bajas respuestas (suelos con alto P en el suelo)	En suelos con más de 30 ppm de P no aplicar o reducir la dosis de P en plantas debido a que las respuestas son bajas. Monitorear la disponibilidad en el tiempo	Aplicado	Suelos con P > 30 ppm, zona litoral principalmente	Anexo 1	na	na	variable por año	
8		5	Uso y Manejo de P	Incremento en producción	Aplicación de P en socas	Incrementar la producción en Socas de caña de azúcar con la aplicación de P en suelos con alta respuesta (P < 10 ppm)	Aplicación de P en caña soca en suelos deficientes en P con aplicaciones junto con la fertilización nitrogenada	Aplicado	Suelos con P < de 10 ppm en el suelo					
8		6	Uso y Manejo de K	Incremento de Producción	Aplicación de K en suelos con bajo K en el suelo	Incrementar la producción de caña y azúcar con la aplicación de K en áreas con alta respuesta a este nutriente	Aplicación de K en caña plantía y soca en suelos deficientes en este nutriente según la textura del suelo	Aplicado	Suelos con K < 150 ppm para suelos de textura media y K < 300 ppm en suelos con textura arcillosa		9 tch mas		Variable por año	
8		7	Uso y manejo de los fertilizantes	Reducción de costos	Aplicación de fertilizante al fondo del surco en siembras de humedad residual (primer tercio de zafra)	Aplicar el fertilizante en la época más oportuna en siembras con humedad y que no cuentan con riego	Aplicar el fosforo y potasio al momento de la siembra junto con la aplicación fosforada	Aplicado	Finca Los Tarros	235 ha, ingenio Los Tarros	na	na	Q79.00/ha	

Experimental
Extrapolación
Aplicado

Estrato Tercio
Zona Agroecológica
Zona de producción
Condición

*usar anexo

¹ sobre testigo comercial a nivel experimental

Revisión y selección de Variedades y las tecnologías en Manejo Integrado de Plagas, Fertilización, Riegos y Malezas y Madurantes

A partir del 2016 se inició la revisión del listado presentado por cada profesional para definir que variedades y tecnologías serían parte del estudio de rentabilidad, la revisión con cada profesional del listado presentado en el 2014, se hizo con los siguientes criterios:

- a. Tener la información del desarrollo de la tecnología, para determinar los beneficios que tienen a nivel experimental o comercial por hectárea, en incremento de la productividad de TCH o TAH e incremento de ganancias en US\$.
- b. Tener la información del área de adopción o uso de la tecnología por año.

Con esta información se cuantificó por hectárea el aporte de la variedad o tecnología, ya sea en ahorro de capital al reducir o maximizar el uso de insumos y/o incrementar los ingresos económicos por hectárea vía el incremento de la producción de toneladas de caña y/o de producción de azúcar, para que el cambio tecnológico sea rentable contra la tecnología usada comercialmente como testigo.

Variedades y tecnologías seleccionadas

Producto de esa revisión y en común acuerdo con los profesionales responsables de cada área a continuación se describen las variedades y tecnologías definidas por área con sus áreas de adopción para realizar el análisis de rentabilidad.

- **Variedades:** Se seleccionaron seis variedades CG CENGICAÑA-Guatemala, que son CG98-10, CG98-46; CG98-78, CG00-102, CG00-33, y CG02-163 y seis variedades introducidas CP73-1547, CP88-1165, SP71-6161, SP79-1287, RB73-2577 y RB84-5210.

•**Manejo Integrado de Plagas:** Se seleccionaron dos tecnologías:

El uso del Cebo CENGICAÑA-CAÑAMIP, para el control de roedores
y El control de Chiche salivosa (*Aenolamia postica*).

•**Fertilización:** Se seleccionaron cuatro tecnologías:

1. Reducción de dosis de nitrógeno en plantía (primer corte),
2. Aplicación de fósforo en plantía,
3. Aplicación de fósforo en soca (corte 2 al 6), y
4. Aplicación de potasio en plantía y soca.

•**Riegos:** Se seleccionaron dos tecnologías:

1. El riego precorte y
2. Recomendaciones de riego.

•**Malezas y Madurantes:** Se seleccionaron dos tecnologías:

1. Uso de madurantes

Anexo 3: Promedio de productividad y resistencia a enfermedades de las variedades CG y variedades testigos

Cuadro 1. Promedio de Azúcar de las Variedades CG98-10, RB73-2577 y SP79-1287 Zafra 2008-2009, 2009-2010 y 2010-2011

Variedad	Media Tres cortes			Plantía			1 Soca			2 Soca			% Fibra	TFH
	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH		
CG98-10 *	18.1	15.1	119.4	18.3	15.9	115.1	19.6	15.2	129.9	16.2	14.3	113.1	14.7	17.6
RB73-2577**	18.5	15.2	122.2	16.6	15.7	106.4	20.2	15.2	132.7	18.7	14.7	127.4	16.0	19.5
SP79-1287**	16.1	15.1	107.2	13.9	16.4	84.2	19.2	14.8	129.7	15.2	14.1	107.8	12.9	13.9
CP72-2086**	15.8	15.3	104.3	13.3	16.2	83.3	20.2	15.1	133.7	13.9	14.5	95.9	13.9	14.5

*Variedad CG analizada en rentabilidad, ** Variedad Testigo, *** Variedad Introducida

Fuente: Orozco *et al.*, 2011

Cuadro 2. Resistencia a enfermedades y características de manejo de las Variedades CG98-10, RB73-2577, SP79-1287 y CP72-2086. Zafra 2008-2009, 2009-2010 y 2010-2011

Variedad	Resistencia a Enfermedades					Características de Manejo					Daño de Plagas			
	Carbón (0-10) ≤ 2	Escaldadura (0-10) ≤ 2	Mosaico (0-10) ≤ 4 B	Roya (0-50) / (0-9)		Amarillamiento (0-10) ≤ 5 B	Aspecto de Planta	Rebrote	Cierre Natural	% Flor	% Corcho	Barrenador		Rata %
				Marron	Naranja							% Daño	ii %	
CG98-10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	1.6	2.6	0.0	3.0	12.5	2.0	7.0
RB73-2577	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	2.3	3.0	0.0	4.0	51.5	13.0	6.5
SP79-1287	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	1.8	3.8	0.0	4.0	54.0	9.5	6.5
CP72-2086	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	3.7	1.6	3.4	15.0	3.0	21.5	3.5	14.0

*Variedad CG analizada en rentabilidad, ** Variedad Testigo e introducida,

Fuente: Orozco *et al.*, 2011

Cuadro 3. Promedio de productividad de azúcar y fibra Variedad CG98-46 y sus testigos comerciales. Zafras 2008-09, 2009-10, 2010-11.

Variedad	Media Tres cortes			Plantía			1 Soca			2 Soca			% Fibra	TFH
	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH		
CG98-46	19.9	15.4	130.7	18.1	14.5	126.0	23.9	14.9	159.9	17.8	16.8	106.3	13.2	17.0
CP72-2086	18.9	14.6	129.9	18.6	13.9	133.5	18.0	13.2	135.5	20.2	16.7	120.8	14.4	18.3
CP88-1165	19.4	14.7	133.8	17.4	14.0	125.9	23.6	14.0	168.4	17.2	16.1	106.9	13.3	18.1
CP73-1547	19.6	15.7	124.8	18.9	15.6	121.4	24.4	15.3	159.5	15.5	16.3	93.4	12.7	16.2

*Variedad CG analizada en rentabilidad, ** Variedad Testigo e introducida, Fuente: Orozco *et al.*, 2011

Cuadro 4. Promedio Resistencia a enfermedades y características de manejo variedad CG98-46. Zafras 2008-09, 2009-10, 2010-11, Con madurante. Variedad CG98-46.

Variedad	Resistencia a Enfermedades						Características de Manejo					
	Carbón (1-10) ≤ 2	Escaldadura (1-10) ≤ 2	Mosaico (1-10) ≤ 4 B	Roya (1-50) / (1-9)		Amarillamiento (1-10) ≤ 5 B	Aspecto de Planta	Cierre Natural	% Flor	% Corcho	Rebrote	Resiembra %
				Marrón	Naranja							
CG98-46	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	3.46	1.59	70.78	15.42	2.19	5.93
CP72-2086	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.45	ND	ND	ND	ND	ND
CP88-1165	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45	1.75	25.81	16.25	2.58	6.13
CP73-1547	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.36	2.00	38.21	25.84	2.08	11.42

*Variedad CG analizada en rentabilidad, ** Variedad Testigo e introducida
Fuente: Orozco *et al.*, 2011

Cuadro 5. Promedio de productividad de azúcar y fibra variedades CG98-78, CG02-163 y sus testigos comerciales. Zafra 2012-2013

Variedad	Plantia			1 Soca			2 Soca			Media 3 Cortes			% Fibra ≥ CP72-2086	TFH
	Datos Campo			Datos Campo			Datos Campo			Datos Campo				
	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH		
CG98-78	16.8	15.6	107.8	20.8	16.6	125.7	18.5	15.9	116.9	18.7	16.0	116.8	67.7	12.2
CG02-163	16.7	16.0	104.2	21.1	16.6	126.9	18.2	16.4	111.2	18.6	16.3	114.1	12.6	14.4
CP88-1165	15.8	15.8	100.2	18.5	15.4	119.9	16.9	15.0	112.9	17.1	15.4	111.0	11.0	12.3
CP72-2086	16.0	16.8	95.1	18.3	16.3	112.3	17.5	16.1	108.0	17.3	16.4	105.1	8.5	11.6

*Variedad CG analizada en rentabilidad, ** Variedad Testigo e introducida
Fuente: Orozco *et al.*, 2013

Cuadro 6. Promedio Resistencia a enfermedades y características de manejo variedad CG98-78. Zafra 2012-2013, Con madurante.

Variedad	Resistencia a Enfermedades						Características de Manejo																
							Aspecto de Planta						Cierre Natural			% Flor < 30 % Tardía			% Corcho ≤ CP72-2086			Rebrote	
	Carbón (0-10) ≤ 2	Escaldadura (0-10) ≤ 2	Mosaico (0-10) ≤ 4 B	Roya (1-50) / (0-9) ≤ 15/5		Amarillamiento (0-10) ≤ 5 B	Plantía	1 Soca	2 Soca	Plantía	1 Soca	2 Soca	Plantía	1 Soca	2 Soca	Plantía	1 Soca	2 Soca	1 soca	2 soca	1 Soca	2 Soca	
				Marrón	Naranja																		
CG98-78	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.1	2.7	2.0	2.5	1.8	2.6	2.2	14.8	32.8	0.0	11.7	3.9	0.0	2.4	3.3	3.5	17.3	91.0
CG02-163	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	2.8	0.0	1.0	2.3	5.6	0.0	0.0	0.0	15.1	1.0	2.0	0.0	3.0	15.1	92.3
CP88-1165	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.8	3.1	3.3	1.0	2.5	2.5	21.5	20.0	15.0	19.0	9.6	4.8	2.0	2.0	5.0	24.1	90.2
CP72-2086	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	4.0	3.4	3.1	3.2	1.0	2.1	2.0	12.4	57.2	0.0	14.5	7.1	0.0	2.6	2.7	1.4	5.6	92.6

*Variedad CG analizada en rentabilidad, ** Variedad Testigo e introducida, Fuente: Orozco *et al.*, 2013

Cuadro 7. Promedio de productividad de azúcar y fibra Variedad CG00-033 y sus testigos. Zafra 2011-12.

Variedad	3 Cortes			Plantía			1 Soca			2 Soca			% Fibra ≥ CP72-2086	TFH
	Datos Campo			Datos Campo			Datos Campo			Datos Campo				
	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH		
CG00-033*	20.8	17.6	119	20.3	17.6	116	20.3	18.1	112	21.8	17.0	128	11.8	14.0
CP88-1165***	20.5	16.4	125	21.3	17.4	123	18.3	16.4	111	22.0	15.5	142	11.7	14.6
CP72-2086**	18.0	16.6	109	17.3	17.0	102	18.0	16.7	108	18.7	16.0	117	12.3	13.4

*Variedad CG analizada en rentabilidad, ** Variedad Testigo e introducida, ***Variedad Introducida
Fuente: Orozco *et al.*, 2012

Cuadro 8. Promedio Resistencia a enfermedades y características de manejo variedad CG00-033 y sus testigos comerciales. Zafra 2011-12.

Variedad	Resistencia a Enfermedades						Características de Manejo							
	Carbón (1-10) ≤ 2	Escaldadura (1-10) ≤ 2	Mosaico (1-10) ≤ 4 B	Roya (1-50) / (0-9) ≤ 15/5		Amarillo mientto (1-10) ≤ 5 B	Aspecto de Planta	Cierre Natural	% Flor < 30 % Tardía	% Corcho ≤ CP72- 2086	Rebrote	% Pureza Jugo	% Fibra ≥ CP72- 2086	TFH
CG00-033*	0	0.1	0	0	0.3/5	0	3.67	3.0	4	6	3.0	92.2	11.8	14.0
CP88-1165***	0	0	0	0	1/5	0	2.58	3.5	22	11	2.0	91.1	11.7	14.6
CP72-2086**	0	0	9	0	5/5	5	3.83	3.0	37	0	3.3	91.5	12.3	13.4

*Variedad CG analizada en rentabilidad, ** Variedad Testigo e introducida,
***Variedad Introducida

Fuente: Orozco *et al.*, 2012

Cuadro 9. Promedio de Rendimiento de azúcar y fibra, reacción a enfermedades y características agronómicas de variedad RB84-5210, Zafra 2011-2012.

Variedad	Rendimiento de Azúcar y Fibra				
	Media Tres cortes			% Fibra	TFH
	TAH	Pol%	TCH		
RB84-5210*	24.2	16.2	149.5	11.7	17.45
CP88-1165 **	22.8	16.1	142.5	12.0	17.15
CP72-2086**	19.3	16.3	119.0	13.7	16.20

*Variedad Introducida, ** Variedad Testigo

Fuente: Orozco *et al.*, 2012

Cuadro 10. Reacción a enfermedades y características agronómicas de variedad RB84-5210, Zafra 2011-2012.

Variedad	Resistencia a Enfermedades						Características de Manejo					
	Carbón (1-10) ≤ 2	Escaldadura (1-10) ≤ 2	Mosaico (1-10) ≤ 4 B	Roya (1-50) / (1-9)		Amarillamiento (1-10) ≤ 5 B	Emergencia	Rebrote	Cierre Natural	Aspecto de Planta (1-5)	%Flor	%Corcho
				Marrón	Naranja							
RB84-5210	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3.515	0.5	1.1
CP88-1165	0	0	0.2	0	0	0	0	1	2	3.565	16.5	13.85
CG96-135	0	0	0	0	0.6	0	1	1	2	3.55	2	4
CP72-2086	0	0	6	0	0.5	2.5	3	2	2	3.615	25	11.55
PR75-2002	0	0	0	0	0.1/5	0	0	3	2	3.58	0	1

Fuente: Orozco *et al.*, 2012

Cuadro 11. Promedio de Azúcar de la Variedad SP71-6161, Zafra 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016.

Variedad												
	Plantía			1 soca			2 soca			Media 3 cortes		
	Datos campo			Datos campo			Datos campo			Datos campo		
	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH
SP71-6161	19.2	16.3	118	19.7	13.6	145	17.3	14.3	122	18.8	14.7	128
CP72-2086	17.6	16.6	106	21.0	14.5	145	18.1	15.2	119	18.9	15.4	123

Fuente: Orozco *et al.*, 2016

Cuadro 12. Resistencia a enfermedades y características de manejo variedad SP71-6161. Zafras 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016.

Variedad	Resistencia a enfermedades						Características de manejo						
	Carbón (0-10) ≤ 2	Escal- dadura (0-10) ≤ 2	Mosaico (0-10) ≤ 4 B	Roya (1-50) / (0-9) ≤ 15/5		Amarilla miento (0-10) ≤ 5 B	Aspecto de planta		% Flor < 30 % tardía		% Pureza jugo	% Fibra ≥ CP72- 2086	TFH
				Marrón	Naranja		Plantía	2 soca					
SP71-6161	0	0	0	0.5/5	0	3	2.83	3.00	0.00	0	87.8	13.2	16.9
CP72-2086	0	0	7	0	8/5	4	2.96	2.83	0.00	0	89.7	13.4	16.5

Fuente: Orozco *et al.*, 2016



Anexo 4. Beneficios por áreas de estudio.

Cuadro 1. Cálculo de ingresos brutos por el incremento de productividad en TAH, por zafra y variedades CG e Introducidas de la zafra 2011-12 a 2016-17.

Años	Variedad	Área (ha) Adoptada	▲ TAH	▲TAH por Variedad Año	Precio TM Azúcar	Beneficio por variedad/año	Total Beneficio por Año (\$\$)
2011-12	CG98-10	6363.5988	0.72	4571.6	396.76	1813793.97	
2011-12	CG98-46	40.44	3.44	139.1	396.76	55190.43	
2011-12	CG98-78	672.2184	0.81	544.9	396.76	216210.18	
2011-12	CG00-033		0.72	0.0	396.76	0.00	
2011-12	CG00-102		1.25	0.0	396.76	0.00	
2011-12	CG02-163		0.73	0.0	396.76	0.00	\$ 2,085,194.58
2012-13	CG98-10	10881.54919	0.45	4941.5	380.45	1880011.05	
2012-13	CG98-46	211.89	3.44	728.9	380.45	277292.61	
2012-13	CG98-78	2527.020849	0.81	2048.6	380.45	779380.87	
2012-13	CG00-033		0.72	0.0	380.45	0.00	
2012-13	CG00-102	29.53	1.25	36.9	380.45	14030.43	
2012-13	CG02-163		0.73	0.0	380.45	0.00	\$ 2,950,714.95
2013-14	CG98-10	11225.16	0.45	5097.6	384.15	1958216.53	
2013-14	CG98-46	992.06	3.44	3412.5	384.15	1310884.01	
2013-14	CG98-78	5418.8634	0.81	4392.9	384.15	1687514.91	
2013-14	CG00-033	86.15	0.72	62.0	384.15	23827.80	
2013-14	CG00-102	203.98	1.25	254.7	384.15	97857.38	
2013-14	CG02-163		0.73	0.0	384.15	0.00	\$ 5,078,300.63
2014-15	CG98-10	0	0.00	0.0	298.93	0.00	
2014-15	CG98-46	2148.8019	3.44	7391.4	298.93	2209473.80	
2014-15	CG98-78	10345.0412	0.81	8386.4	298.93	2506904.49	
2014-15	CG00-033	267.04	0.72	192.3	298.93	57473.95	
2014-15	CG00-102	541.66	1.25	676.5	298.93	202208.28	
2014-15	CG02-163	5.4	0.73	3.9	298.93	1178.36	\$ 4,977,238.88
2015-16	CG98-10	0.00	0.00	0.0	387.84	0.00	
2015-16	CG98-46	3574.97	3.44	12297.1	387.84	4769328.24	
2015-16	CG98-78	14834.69	0.81	12026.0	387.84	4664190.01	
2015-16	CG00-033	1830.82	0.72	1318.2	387.84	511248.63	
2015-16	CG00-102	2757.72	1.25	3444.0	387.84	1335716.66	
2015-16	CG02-163	1373.55	0.73	1002.7	387.84	388885.48	\$ 11,669,369.02
2016-17	CG98-10	0	0.00	0.0	371.54	0.00	
2016-17	CG98-46	4,259	3.44	14649.1	371.54	5442669.32	
2016-17	CG98-78	16,100	0.81	13051.7	371.54	4849177.78	
2016-17	CG00-033	2,000	0.72	1440.2	371.54	535084.93	
2016-17	CG00-102	2,931	1.25	3660.3	371.54	1359935.96	
2016-17	CG02-163	3,074	0.73	2243.8	371.54	833648.77	\$ 13,020,516.76

ADLAI ADEMIR MENESES OJEDA

Años	Variedad	Área (ha) Adoptada	▲ TAH	▲TAH por Variedad Año	Precio TM Azúcar	Beneficio por variedad/año	Total Beneficio por Año (\$\$)
2011-12	CP88-1165	68,620	1.14	78226.4	396.76	31,036,707.10	
2011-12	Q107	914	1.12	1023.5	396.76	406,085.24	
2011-12	RB73-2577	1,228	0.67	822.7	396.76	326,408.92	
2011-12	RB84-5210	463	1.79	828.9	396.76	328,871.05	
2011-12	SP71-6161	191	0.21	40.0	396.76	15,864.26	
2011-12	SP79-1287	567	1.96	1111.7	396.76	441,081.88	
2011-12	SP79-2233	1,015	0.08	78.1	396.76	30,996.85	
2011-12	SP83-2847		1.17	0.0	396.76	0.00	\$ 32,586,015.30
2011-12	CP73-1547	15071.84	1.77	26677.2	396.76	10,584,294.22	\$ 10,584,294.22
2012-13	CP88-1165	68,136	1.14	77674.6	380.45	29,551,304.71	
2012-13	Q107	849	1.12	950.8	380.45	361,734.13	
2012-13	RB73-2577	2,593	0.67	1737.5	380.45	661,030.39	
2012-13	RB84-5210	503	1.79	901.0	380.45	342,781.80	
2012-13	SP71-6161	530	0.21	110.8	380.45	42,139.35	
2012-13	SP79-1287	926	1.96	1815.4	380.45	690,680.39	
2012-13	SP79-2233	755	0.08	58.1	380.45	22,109.33	
2012-13	SP83-2847	18	1.17	21.1	380.45	8,012.28	\$ 31,679,792.38
2012-13	CP73-1547	19407.80	1.77	34351.8	380.45	13,069,144.14	\$ 13,069,144.14
2013-14	CP88-1165	55,146	1.14	62865.9	384.15	24,149,677.18	
2013-14	Q107	507	1.12	567.9	384.15	218,150.56	
2013-14	RB73-2577	3,733	0.67	2501.0	384.15	960,739.43	
2013-14	RB84-5210	769	1.79	1376.4	384.15	528,739.28	
2013-14	SP71-6161	1,144	0.21	239.0	384.15	91,802.69	
2013-14	SP79-1287	1,301	1.96	2550.3	384.15	979,676.89	
2013-14	SP79-2233	713	0.08	54.9	384.15	21,079.17	
2013-14	SP83-2847	89	1.17	104.1	384.15	40,001.10	\$ 26,989,866.30
2013-14	CP73-1547	24012.05	1.77	42501.3	384.15	16,326,708.47	\$ 16,326,708.47
2014-15	CP88-1165	40,269	1.14	45906.6	298.93	13,722,618.15	
2014-15	Q107	330	1.12	369.6	298.93	110,475.98	
2014-15	RB73-2577	3,976	0.67	2663.9	298.93	796,315.75	
2014-15	RB84-5210	1,046	1.79	1872.4	298.93	559,701.49	
2014-15	SP71-6161	2,623	0.21	547.8	298.93	163,752.10	
2014-15	SP79-1287	2,275	1.96	4459.4	298.93	1,333,031.08	
2014-15	SP79-2233	466	0.08	35.9	298.93	10,721.33	
2014-15	SP83-2847	212	1.17	248.0	298.93	74,145.36	\$ 16,770,761.24
2014-15	CP73-1547	28144.17	1.77	49815.2	298.93	14,891,000.68	\$ 14,891,000.68
2015-16	CP88-1165	26,638	1.14	30366.8	387.84	11,777,523.79	
2015-16	Q107	216	1.12	242.2	387.84	93,922.20	
2015-16	RB73-2577	3,573	0.67	2394.2	387.84	928,561.83	
2015-16	RB84-5210	907	1.79	1623.2	387.84	629,554.45	
2015-16	SP71-6161	4,093	0.21	854.7	387.84	331,492.86	
2015-16	SP79-1287	4,032	1.96	7902.0	387.84	3,064,722.31	
2015-16	SP79-2233	392	0.08	30.2	387.84	11,706.32	
2015-16	SP83-2847	254	1.17	297.2	387.84	115,258.77	\$ 16,952,742.54
2015-16	CP73-1547	29631.24	1.77	52447.3	387.84	20,341,245.06	\$ 20,341,245.06
2016-17	CP88-1165	17,133	1.14	19531.2	371.54	7,256,550.74	
2016-17	Q107	227	1.12	254.2	371.54	94,426.18	
2016-17	RB73-2577	2,944	0.67	1972.2	371.54	732,751.43	
2016-17	RB84-5210	1,665	1.79	2980.9	371.54	1,107,528.57	
2016-17	SP71-6161	5,346	0.21	1116.5	371.54	414,824.71	
2016-17	SP79-1287	3,545	1.96	6947.9	371.54	2,581,408.65	
2016-17	SP79-2233	219	0.08	16.9	371.54	6,275.73	
2016-17	SP83-2847	554	1.17	648.1	371.54	240,779.12	\$ 12,434,545.13
2016-17	CP73-1547	27970	1.77	49506.5	371.54	18,393,487.20	\$ 18,393,487.20

**Cuadro 2. Beneficios económicos por la adopción de Variedades CG (69%),
Introducidas (35%) y CP73-1547 (10%).**

Años	Beneficio Variedades CG \$US	Beneficio Variedades Introducidas \$US	Beneficio Variedad CP73-1547 \$US	Beneficio Asignado a CG Anualizado (0.69) CG \$US	Beneficio Asignado a CG Anualizado (0.35) Introducidas \$US	Beneficio Asignado a CG CP73-1547 (0.10) \$US	Beneficio Total Asignado a CG \$US
1992				-	-		-
1993				-	-		-
1994				-	-		-
1995				-	-		-
1996				-	-		-
1997				-	-		-
1998				-	-		-
1999				-	-		-
2000				-	-		-
2001		413,258.39		-	664,618.89	-	664,618.89
2002		646,267.89		-	944,867.48	-	944,867.48
2003		828,064.32		-	1,100,600.51	-	1,100,600.51
2004		1,132,909.88		-	1,368,889.26	-	1,368,889.26
2005		2,631,083.95		-	2,890,113.99	-	2,890,113.99
2006		3,717,324.16		-	3,712,085.88	-	3,712,085.88
2007		10,889,643.88			9,885,726.10		9,885,726.10
2008	1,635.05	22,293,390.14	7,368,074.72	2,660.20	18,398,326.73	736,807.47	19,137,794.41
2009	137,624.48	37,381,189.30	9,736,055.64	203,557.11	28,045,464.68	973,605.56	29,222,627.35
2010	760,196.57	56,054,685.69	13,410,951.92	1,022,171.55	38,232,153.59	1,341,095.19	40,595,420.34
2011	2,085,194.58	32,586,015.30	10,584,294.22	2,548,894.08	20,204,839.85	1,058,429.42	23,812,163.35
2012	2,950,714.95	31,679,792.38	13,069,144.14	3,278,987.59	17,857,217.85	1,306,914.41	22,443,119.85
2013	5,078,300.63	26,989,866.30	16,326,708.47	5,130,246.57	13,830,552.14	1,632,670.85	20,593,469.56
2014	4,977,238.88	16,770,761.24	14,891,000.68	4,571,046.42	7,812,659.12	1,489,100.07	13,872,805.61
2015	11,669,369.02	16,952,742.54	20,341,245.06	9,742,756.19	7,179,486.46	2,034,124.51	18,956,367.16
2016	13,020,516.76	18,201,914.95	18,393,487.20	9,882,572.22	7,007,737.26	1,839,348.72	18,729,658.20
2017	18,506,183.81	11,683,294.91	17,144,709.24	12,769,266.83	4,089,153.22	1,714,470.92	18,572,890.98

Fuente:Elaboración Propia.

Cuadro 3. Cálculo de ganancias (ahorros) por el uso del Cebo CAÑAMIP – CENGICAÑA en la AIA de Guatemala.

Año	Área Adoptada	Cantidad de KG de Cebo	Costo Testigo AIA	Costo (US \$)	Beneficio Neto AIA (ahorro)	Factor de Anualización	Beneficio Anualizado AIA	Beneficio AIA CG 50%
1992						10.83		
1993						9.85		
1994						8.95		
1995						8.14		
1996						7.40		
1997						6.73		
1998						6.12		
1999						5.56		
2000						5.05		
2001						4.59		
2002						4.18		
2003	292.20	1,461.00	5,376.00	1,797.00	3,579.00	3.80	13,591.25	6,795.62
2004	2,516.80	12,584.00	40,395.00	19,002.00	21,393.00	3.45	73,854.44	36,927.22
2005	10,459.40	52,297.00	165,781.00	81,060.00	84,721.00	3.14	265,890.79	132,945.40
2006	8,192.60	40,963.00	126,576.00	66,770.00	59,806.00	2.85	170,633.50	85,316.75
2007	15,009.60	75,048.00	344,470.00	123,829.00	220,641.00	2.59	572,285.93	286,142.97
2008	33,892.00	169,460.00	826,965.00	266,052.00	560,913.00	2.36	1,322,603.51	661,301.76
2009	25,124.00	125,620.00	564,034.00	249,984.00	314,050.00	2.14	673,194.07	336,597.03
2010	11,067.60	55,338.00	211,391.00	115,103.00	96,288.00	1.95	187,638.07	93,819.04
2011	22,789.60	113,948.00	434,142.00	233,593.00	200,549.00	1.77	355,284.79	177,642.39
2012	30,787.80	153,939.00	449,502.00	426,411.00	23,091.00	1.61	37,188.29	18,594.14
2013	65,769.40	328,847.00	1,414,042.00	782,656.00	631,386.00	1.46	924,412.24	462,206.12
2014	26,730.00	133,650.00	441,045.00	342,144.00	98,901.00	1.33	131,637.23	65,818.62
2015	54,961.60	274,808.00	854,653.00	772,210.00	82,443.00	1.21	99,756.03	49,878.02
2016	53,312.40	266,562.00	1,327,479.00	695,727.00	631,752.00	1.10	694,927.20	347,463.60

Fuente:Elaboración Propia.

Cuadro 4. Cálculo de beneficios por el uso de fertilización de fósforo en plantía con incremento de 0.6 TAH.

Año	Área (ha)	Precio Fertilizante Superfosfato triple (\$US/qq)	Costo Precio * 4 quintales (\$US/ha)	Beneficio Bruto/ha \$US/año	Gasto AIA (\$US/Año) Costo Fertilizante	Beneficio Bruto AIA (\$US/año)	Beneficio Neto AIA (\$US/año)	Factor Anualización	Beneficio Neto AIA Anualizado
1992								10.83	
1993								9.85	
1994								8.95	
1995								8.14	
1996								7.40	
1997	2,500.00	10.91	43.63	232.62	109,081.15	581,553.00	472,471.85	6.73	3,178,554.32
1998	2,500.00	11.23	44.90	210.25	112,253.71	525,624.00	413,370.29	6.12	2,528,135.07
1999	2,500.00	10.27	41.07	138.14	102,684.04	345,348.00	242,663.96	5.56	1,349,191.56
2000	2,500.00	9.40	37.61	168.55	94,030.08	421,368.00	327,337.92	5.05	1,654,519.79
2001	2,500.00	8.84	35.38	169.63	88,444.26	424,083.00	335,638.74	4.59	1,542,250.94
2002	2,500.00	9.16	36.65	129.67	91,634.87	324,171.00	232,536.13	4.18	971,361.13
2003	2,500.00	10.00	40.01	148.35	100,024.98	370,869.00	270,844.02	3.80	1,028,529.70
2004	2,500.00	11.91	47.64	166.38	119,093.43	415,938.00	296,844.57	3.45	1,024,787.96
2005	2,500.00	12.69	50.77	205.25	126,914.18	513,135.00	386,220.82	3.14	1,212,126.38
2006	2,500.00	12.70	50.80	334.92	126,993.25	837,306.00	710,312.75	2.85	2,026,605.18
2007	2,500.00	19.79	79.14	221.98	197,855.25	554,946.00	357,090.75	2.59	926,201.44
2008	2,500.00	37.71	150.85	291.27	377,120.56	728,163.00	351,042.44	2.36	827,739.70
2009	2,500.00	15.58	62.30	373.15	155,758.13	932,874.00	777,115.87	2.14	1,665,816.87
2010	2,500.00	21.99	87.98	477.84	219,943.28	1,194,600.00	974,656.72	1.95	1,899,330.22
2011	2,500.00	30.06	120.23	554.08	300,576.49	1,385,193.00	1,084,616.51	1.77	1,921,464.31
2012	2,500.00	26.13	104.50	396.39	261,252.30	990,975.00	729,722.70	1.61	1,175,225.70
2013	2,500.00	22.00	88.01	380.10	220,032.23	950,250.00	730,217.77	1.46	1,069,111.84
2014	2,500.00	22.33	89.31	383.79	223,271.39	959,481.00	736,209.61	1.33	979,894.99
2015	2,500.00	22.15	88.62	298.65	221,546.96	746,625.00	525,078.04	1.21	635,344.43
2016	3,423.00	17.28	69.13	343.06	236,621.97	1,174,284.80	937,662.83	1.10	1,031,429.11

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5. Cálculo de beneficios para la adopción Recomendación de Riego.

Año	Área (HA) con suelo de textura franco arenosa (40%)	Costo total US\$/ha	TAH Incremento	Precio del Azúcar ™	Beneficio bruto AIA (US\$/ha)	Beneficio Neto AIA (\$US/ha)	Factor de Anualización	Beneficio Total AIA \$US	Beneficio Neto Anualizado \$US	Beneficio Asignado a CG (50%)
1992							10.83			
1993							9.85			
1994							8.95			
1995							8.14			
1996							7.40			
1997							6.73			
1998							6.12			
1999							5.56			
2000							5.05			
2001							4.59			
2002							4.18			
2003							3.80			
2004							3.45			
2005							3.14			
2006	45.60	500.00	2.74	334.92	916.84	416.84	2.85	19,008.06	54,232.22	27,116.11
2007	258.40	500.00	2.65	221.98	588.25	88.25	2.59	22,803.02	59,145.17	29,572.59
2008	420.08	500.00	2.75	291.27	800.99	300.99	2.36	126,442.13	298,143.94	149,071.97
2009	679.64	500.00	2.58	373.15	960.86	460.86	2.14	313,219.74	671,414.33	335,707.16
2010	2,305.32	500.00	2.65	477.84	1,266.28	766.28	1.95	1,766,511.39	3,442,430.95	1,721,215.47
2011	3,934.80	500.00	2.59	554.08	1,433.68	933.68	1.77	3,673,851.93	6,508,452.81	3,254,226.40
2012	5,282.94	500.00	2.60	396.39	1,030.61	530.61	1.61	2,803,201.93	4,514,584.73	2,257,292.37
2013	5,421.64	500.00	2.53	380.10	959.75	459.75	1.46	2,492,612.54	3,649,434.03	1,824,717.01
2014	6,119.10	500.00	2.64	383.79	1,012.25	512.25	1.33	3,134,485.26	4,171,999.89	2,085,999.94
2015	5,886.08	500.00	2.53	298.65	754.84	254.84	1.21	1,499,996.12	1,814,995.30	907,497.65
2016	6,984.64	500.00	2.63	343.06	903.10	403.10	1.10	2,815,494.97	3,097,044.46	1,548,522.23
2017	6,984.64	500.00	2.66	282.62	744.00	244.00	1.00	1,704,232.25	1,704,232.25	852,116.13

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6. Cálculo de beneficios para la adopción de madurantes en la AIA.

Año	Área Adoptada	Costo AIA Aplicar Tecnología	Incremento de Azúcar (kg/tcaña)	Precio t/azúcar	Kg de Azúcar/ha	Incremento \$US/ha	Incremento de Azúcar AIA	TAH*Precio
1993	18,500	536,778	3	217.63	7.82	1,702.03	4,300.45	935,925.08
1994	20,000	591,100	3	263.03	8.83	2,322.94	5,166.63	1,358,974.42
1995	22,500	654,356	3	288.66	7.91	2,282.99	5,331.89	1,539,096.70
1996	24,033	713,540	3	260.21	8.76	2,280.32	6,359.74	1,654,840.84
1997	39,705	1,423,424	3	232.62	9.99	2,324.42	11,612.01	2,701,200.31
1998	59,600	2,087,490	3	210.25	8.87	1,865.15	15,627.12	3,285,595.73
1999	73,861	2,564,823	3	138.14	8.36	1,155.23	18,347.07	2,534,449.90
2000	88,121	3,073,220	3	168.55	9.78	1,647.70	22,375.68	3,771,358.94
2001	92,963	3,290,890	3	169.63	10.40	1,763.51	25,657.79	4,352,412.68
2002	97,806	3,432,991	3	129.67	9.98	1,294.11	25,914.68	3,360,314.80
2003	103,944	3,679,618	3	148.35	10.38	1,540.37	28,654.12	4,250,769.60
2004	110,081	3,888,611	3	166.53	10.32	1,718.06	30,151.19	5,021,028.75
2005	123,757	4,353,152	3	205.44	10.22	2,100.62	33,154.50	6,811,360.01
2006	133,778	4,775,875	3	335.23	10.83	3,632.18	38,652.48	12,957,500.97
2007	143,799	5,036,560	3	222.18	9.55	2,122.95	37,643.70	8,363,783.16
2008	157,740	5,572,166	3	291.53	9.66	2,815.84	43,119.81	12,570,863.77
2009	160,000	7,728,000	3	373.49	11.33	4,231.68	49,440.00	18,465,503.81
2010	157,000	7,363,300	3	478.28	9.17	4,384.39	41,919.00	20,049,019.32
2011	161,220	7,738,560	3	554.59	10.60	5,878.63	48,366.00	26,823,174.19
2012	155,325	7,533,263	3	396.76	10.87	4,311.73	48,927.38	19,412,180.67
2013	157,320	7,661,484	3	380.45	11.13	4,233.65	50,499.72	19,212,618.47
2014	161,200	7,866,560	3	384.15	10.91	4,190.26	52,228.80	20,063,474.16
2015	158,604	7,771,596	3	298.93	11.61	3,469.02	52,339.32	15,645,531.23
2016	142,728	6,893,762	3	343.06	10.41	3,572.36	44,102.95	15,129,835.22
2017	142,728	6,908,035	3	282.62	10.95	3,095.03	44,531.14	12,585,389.66

Continuación Cuadro 6.

Año	Beneficio AIA	Costo Total	Costo MYM (4%)	Gasto Anualizado	Beneficio Neto a CENGICANA
1993	4,324,646.66	(364,164.11)	(14,566.56)	(157,824.44)	216,232.33
1994	7,563,357.73	(608,728.91)	(24,349.16)	(239,832.68)	378,167.89
1995	7,922,233.55	(1,102,857.50)	(44,114.30)	(395,012.79)	396,111.68
1996	7,662,449.48	(553,784.59)	(22,151.38)	(180,318.35)	383,122.47
1997	9,455,862.20	(1,337,665.77)	(53,506.63)	(395,962.44)	472,793.11
1998	8,060,256.23	(1,361,400.20)	(54,456.01)	(366,352.79)	403,012.81
1999	-185,760.47	(1,336,207.81)	(53,448.31)	(326,885.02)	(9,288.02)
2000	3,881,595.48	(1,056,084.83)	(42,243.39)	(234,869.77)	194,079.77
2001	5,365,433.85	(831,931.04)	(33,277.24)	(168,198.83)	268,271.69
2002	-333,943.33	(1,011,182.20)	(40,447.29)	(185,854.20)	(16,697.17)
2003	2,385,843.64	(1,051,421.60)	(42,056.86)	(175,681.96)	119,292.18
2004	4,300,353.27	(1,092,968.02)	(43,718.72)	(166,021.77)	215,017.66
2005	8,486,399.10	(1,123,493.59)	(44,939.74)	(155,144.18)	424,319.95
2006	25,677,448.36	(1,188,279.12)	(47,531.16)	(149,173.16)	1,283,872.42
2007	9,492,956.06	(1,297,340.39)	(51,893.62)	(148,058.54)	474,647.80
2008	18,152,820.86	(1,326,366.79)	(53,054.67)	(137,610.15)	907,641.04
2009	25,318,472.31	(1,386,053.30)	(55,442.13)	(130,729.65)	1,265,923.62
2010	27,192,965.98	(1,448,425.70)	(57,937.03)	(124,193.16)	1,359,648.30
2011	37,190,514.02	(1,513,604.85)	(60,544.19)	(117,983.51)	1,859,525.70
2012	21,044,228.15	(1,581,717.07)	(63,268.68)	(112,084.33)	1,052,211.41
2013	18,603,217.58	(1,652,894.34)	(66,115.77)	(106,480.11)	930,160.88
2014	17,857,502.02	(1,727,274.58)	(69,090.98)	(101,156.11)	892,875.10
2015	10,480,207.79	(1,805,001.94)	(72,200.08)	(96,098.30)	524,010.39
2016	9,965,648.12	(1,886,227.03)	(75,449.08)	(91,293.39)	498,282.41
2017	6,245,089.90	(1,950,697.16)	(78,027.89)	(85,830.68)	312,254.50

Elaboración: Fuente propia